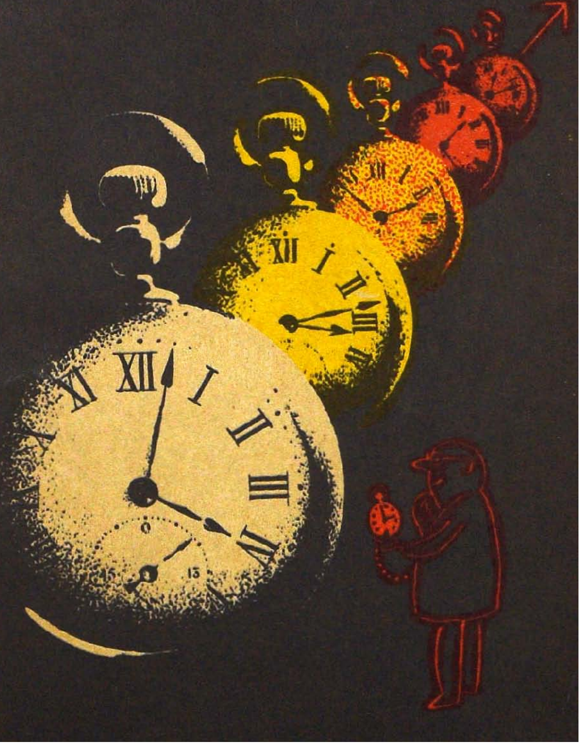
லெ. லந்தாவு, யூ. ரூமர்

சார்பியல் தத்துவம் என்பது என்ன?



லெ. லந்தாவு, யூ. ரூமர்

சார்பியல் தத்துவம் என்பது என்ன?

- 5 MAR 1985
MADRAS

"மீர்" பதிப்பகம்
சோவியத் நாடு · மாஸ்கோ

Лев Ландау, Юрий Румер

ЧТО ТАКОЕ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Издательство „Наука" Москва

на тамильском языке

© தமிழ் மொழிபெயர்ப்பு.
''மீர்'' பதிப்பகம். 1978.

மூன்றாவது பதிப்பு

பொருளடக்கம்

- 5 MAR 1985
MADRAS

அத்தியாயம் 1

நாமறிந்த சார்பியல்

எல்லா வாக்கும் பொருளுடையதுதானா? 9
வலமா, இடமா? 9
தற்போது பகலா, இரவா? 10
பெரிதும் சிறிதும். 11
சார்பானது சார்பிலாததாய்த் தோன்றுகிறது . . 12
சார்பிலாதது சார்பானதாகிறது 13
''அன்றாட அறிவு'' எழுப்பும் ஆட்சேபம் 14

அத்தியாயம் 2

விசும்பு சார்பானதே

ஒரே இடமா, வெவ்வேறு இடங்களா? 16
உண்மையில் பண்டம் செல்லும் பாதை எது? . . 18
எல்லா நோக்கு நிலைகளும் இணைமாற்றானவைதானா? 19
ஒய்வு நிலை கண்டறியப்பட்டுவிட்டது! 20
நிலைமத் தொகுதி. 21
ரயில் வண்டி ஓடுகிறதா? 21
ஒய்வு நிலை நிரந்தரமாகவே தகர்ந்துவிடுகிறது . . 24
நிலைம விதி. 25
திசைவேகமும் சார்பானதுதான்! 26

அத்தியாயம் 3

ஒளியின் சோகநாடகம்

நேரச் செலவின்றி பரவவில்லை ஒளி 28

ஒளியின் வேகத்தை மாற்ற முடியுமா? 28

ஒளியும் ஒலியும் 29

இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாடு ஆட்டம் காண்பதாய்த் தோன்றுகிறது 30

விசும்பின் ஈதர் 33

சங்கடமான நிலைமை 35

சோதனை மூலமே தீர்மானிக்க வேண்டும் 35

சார்பியல் தத்துவம் வெற்றி வாகை சூடுகிறது. . . 37

இருப்புச் சட்டியிலிருந்து தப்பி எரியும் அடுப்பில் விழுந்தாற் போல 38

அத்தியாயம் 4

காலம் சார்பானதே

மெய்யாகவே இது ஒரு முரண்பாடா? 41

ரயில் வண்டியில் செல்வோம் 43

அன்றாட அறிவுக்கு முரணானதா? 44

விசும்புக்கு நேர்ந்த கதியே காலத்துக்கும் நேர்கிறது . 46

விஞ்ஞானத்தின் வெற்றி 49

வேகத்துக்கு வரம்பு உண்டு 50

முன்னதாகவா, பின்னதாகவா? 53

அத்தியாயம் 5

ஏறுமாறான கடிகாரங்களும் வரைகோல்களும்

மீண்டும் ரயில் வண்டியில் ஏறுகிறோம். 55

கடிகார முரண்பாட்டுப் புதிர் 58

காலப் பொறி 60
விண்மீனுக்குப் பயணம் 62
நீளத்தின் சுருக்கம் 65
ஏறுமாறான வேகங்கள் 69

அத்தியாயம் 6

நிறை

நிறை 73
அதிகரிக்கும் நிறை 74
ஒரு கிராம் ஒளியின் விலை எவ்வளவு? 76

முடிவுரை 79

5 MAR 1985
MADRAS

''...ஐயப்பாட்டுக்கு இடமின்றி எப்படி இயந்திரவியலானது மெதுவான, மெய்யான இயக்கங்களது 'நொடிப் படப் பிடிப்பாய்' இருந்ததோ, அதே போல் புதியபௌதிகவியல் காவிய அளவிலான பிரம்மாண்ட வேகமுடைய மெய்யான இயக்கங்களின் நொடிப் படப் பிடிப்பாய் இருக்கிறது....

''பருபொருளின் [matter] கட்டமைப்பையும் அதன் இயக்க வடிவங்களையும் பற்றிய நமது அறிவு மாறும் தன்மையதாய் இருப்பதானது புற உலகின் எதார்த்த மெய்மையைப் பொய்யென எப்படி நிரூபிக்கவில்லையோ, அதே போல் விசும்பையும் காலத்தையும் பற்றிய மானுடக் கருத்தோட்டங்கள் மாறும் தன்மையானவாய் இருப்பதானது எதார்த்த மெய்மையைப் பொய்யென நிரூபித்துவிடவில்லை.''

வி. இ. லெனின்

அத்தியாயம் 1

நாமறிந்த சார்பியல்

MADRAS

எல்லா வாக்கும் பொருளுடையதுதானா?

இல்லை. இலக்கண விதிகளின்படி பிழையின்றி சொற்களை இணைத்து ஒழுங்கான வாக்கியமாய் அமைப்போமாயினும் கிடைக்கப் பெறுவது சிறிதும் பொருளற்றதாய் இருக்கக் கூடும். எடுத்துக்காட்டாய், ''நீர் முக்கோணமானது''— இது பொருளற்ற அபத்த வாக்கு என்பது தெளிவாகவே புலப்படுகிறது.

ஆனால் எல்லா அபத்த வாக்குகளும் இவ்வளவு தெளிவாய்ப் புலப்படுவதில்லை. மேற்பார்வைக்கு நியாயமானதாகவே தோன்றும் வாக்கு நெருங்கிச் சென்று ஆராய்கையில் முற்றிலும் அபத்தமாகிவிடுவதை அடிக்கடி காணலாம்.

வலமா, இடமா?

வீடு இருப்பது தெருவின் எந்தப் பக்கத்தில் — வலப் பக்கத்திலா, இடப் பக்கத்திலா? இந்தக் கேள்விக்கு எடுத்த எடுப்பிலே பதிலளித்துவிட முடியாது.

பாலத்திலிருந்து தோப்பை நோக்கி நடந்தீர்களானால், வீடு உங்களுக்கு இடப் பக்கத்தில் இருக்கிறது; இப்படியில்லாமல் எதிர்த் திசையில் நடந்தீர்களானால், வீடு உங்களுக்கு வலப் பக்கத்தில் இருக்கிறது. தெருவின் இடப் பக்கம் அல்லது வலப் பக்கம் என்பதாய்ச் சொல்லும் போது சார்பான [relative] திசையையும் நீங்கள் குறிப்பிட்டாக வேண்டும்.

ஆற்றின் வலக் கரை என்பதாய்ச் சொல்வதில் பொருள் இருக்கிறது, ஏனெனில் ஆற்றின் நீரோட்டமானது திசையை நமக்குக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லிவிடுகிறது. இதே போல மோட்டார் வண்டி சாலையில் வலப் பக்கத்தில் செல்வதாய் நாம் சொல்லலாம், ஏனெனில் வண்டியின் ஓட்டமானது சார்பான திசையை நமக்குத் தெரிவிக்கிறது.

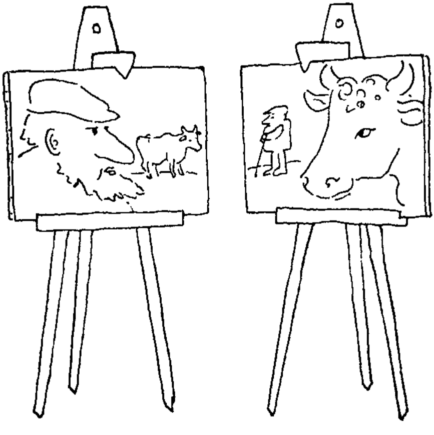
ஆகவே ''வலம்'', ''இடம்'' என்னும் கருத்துகள் சார் பானவை, இவற்றுக்குச் சார்பான திசை குறிக்கப்படும் போது மட்டுமே இக்கருத்துகள் பொருளுடையவை.

தற்போது பகலா, இரவா?

இந்தக் கேள்விக்குரிய பதில் இடத்தைச் சார்ந்தது மாஸ்கோவில் பகலாய் இருக்கையில் விளாதிவஸ்தோக்கில் இரவு. இடத்துக்கு ஏற்ப பதிலளிக்க வேண்டியிருப்பதில் விபரீதம் ஒன்றுமில்லை. ''இரவும்'' ''பகலும்'' சார்பான கருத்துகள், இடம் குறிக்கப்படாதவரை இந்தக் கேள்விக்குப் பதிலளிக்க முடியாது.

பெரிதும் சிறிதும்

கீழே இடப்புறப் படத்தில் மாடு மேய்ப்பாளர் உருவில் பெரிதாயும் பசு சிறிதாயும் இருக்கக் காண்கிறோம். ஆனால் வலப்புறத்திலுள்ள படத்தில் பசு பெரிதாயும் மேய்ப்பாளர் சிறிதாயும் இருக்கக் காண்கிறோம். இதில் முரண்பாடு ஒன்று மில்லை. இரண்டு படங்களும் இரு வேறு பார்வை நிலைகளி லிருந்து — முன்னது மேய்ப்பாளருக்கு அருகிலிருந்தும் பின்னது பசுவுக்கு அருகிலிருந்தும்—வரையப்பட்டவை. படம் வரைவதற்கு நமக்கு வேண்டியது காட்சிப்பொருள்களை நாம்



நோக்கும் கோணம்தான்; அந்தக் காட்சிப்பொருள்களின் மெய்யான பரிமாணங்கள் தேவையில்லை. காட்சிப்பொருள்களின் இந்தக் கோணப் பரிமாணங்கள் [angular dimensions] தெளிவாகவே சார்பானவை. காட்சிப்பொருள்கள் விசும்பில் புள்ளிகளாய்க் காணப்பட்டாலன்றி அவற்றின் கோணப் பரிமாணங்களைப் பற்றி பேசுவதில் அர்த்தமில்லை. உதாரணமாய், ஒரு கோபுரத்தை 45° கோணத்தில் நோக்குவதாய்ச் சொல்வதில் அர்த்தமில்லை. ஆனால் உங்களிடமிருந்து 15 மீட்டர் தொலைவிலுள்ள ஒரு கோபுரத்தை 45° கோணத்தில் நோக்குவதாய்ச் சொல்வீர்களாயின் அது பொருளுடையதாகிறது. இதிலிருந்து கோபுரம் 15 மீட்டர் உயரமுள்ளது என்பது தெரிய வருகிறது.

சார்பானது சார்பிலாததாய்த் தோன்றுகிறது

உங்களுடைய நோக்கு நிலையைச் சற்றே மாற்றியதும் கோணப் பரிமாணங்களும் சிறிதளவு மாற்றமடைகின்றன. எனவேதான் வானியலில் கோண அளவுகள் [angular measurements] அடிக்கடி உபயோகிக்கப்படுகின்றன. விண்மீன் வானப்படங்களில் விண்மீன்களுக்கு இடையிலான கோணத் தொலைவுகள் —அதாவது விண்மீன்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவுகளைப் பூமியிலிருந்து நாம் நோக்கும் கோணங்கள்— குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

பூமியில் நாம் எங்கே சென்று பார்த்தாலும், நமது நோக்கு நிலை எதுவாய் இருப்பினும், விண்மீன்கள் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று எப்பொழுதும் ஒரே தொலைவில் இருக்கக் காண்கிறோம். விண்மீன்கள் நம்மிடமிருந்து பிரம்மாண்டத் தொலைவுகளில், கற்பனைக்கும் எட்டாத தொலைவுகளில் இருப்பதே இதற்குக் காரணம். இந்தப் பெருந் தொலைவுகளுடன் ஒப்பிடுகையில் பூமியில் ஓர் இடத்திலிருந்து இன்னொன்றுக்குச் செல்வதிலுள்ள இடப்பெயர்ச்சி புறக்கணிக்கத்தக்கதாகும்படி அவ்வளவு அற்பமானதாகிவிடுகிறது. ஆகவே இங்கு விண்மீன்களுக்கு இடைப்பட்ட கோணத் தொலைவுகளை நாம் சார்பிலாத் [absolute] தொலைவுகளாய் ஏற்றுக் கொள்ளலாம்.

பூமி சூரியனைச் சுற்றி வருவதையும் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்வோமாயின், கோண அளவுகளில் ஏற்படும் மாற்றம் கருதத்தக்கதாயினும், அப்பொழுதும் குறிப்பிடத்தக்கதாவ தில்லை. ஆனால் நமது நோக்கு நிலையை ஒரு விண்மீனுக்கு— எடுத்துக்காட்டாய் சிரேயஸ் விண்மீனுக்கு [Sirius]—மாற்றிக் கொண்டால் காட்சி வெகுவாய் மாறிவிடும். கோண அளவு கள் யாவும் மாற்றமடைந்து, நமது வானில் ஒன்றுக்கொன்று பெரிதும் விலகியிருக்கும் விண்மீன்கள் அங்கே நெருங்கி வந்துவிடுவதையும், நமது வானில் நெருங்கி அமைந்தவை அங்கே விலகிச் சென்றுவிடுவதையும் காண்போம்.

சார்பிலாதது சார்பானதாகிறது

''மேலே'', ''கீழே'' என்பதாய் அடிக்கடி பேசுகிறோம். இந்தக் கருத்துகள் சார்பிலாதவையா, சார்பானவையா?

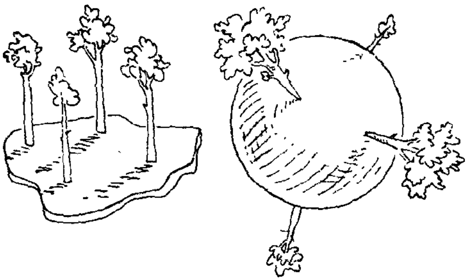
வெவ்வேறு காலங்களில் மக்கள் இந்தக் கேள்விக்கு வெவ் வேறு பதில்கள் அளித்தனர். பூமி உருண்டையானது என்பது தெரியாதிருந்த போது, அது தட்டு போல் தட்டையாய் இருந்ததாய் மக்கள் கருதி வந்தனர். செங்குத்துத் திசை சார்பிலாக் கருத்தாய்க் கருதப்பட்டது. செங்குத்துத் திசை பூமியின் பரப்பில் எல்லா இடங்களிலும் ஒரே மாதிரியாய் இருந்ததாய்க் கொள்ளப்பட்டது. இயற்கையாகவே அப் பொழுது ''மேலே'',''கீழே'' என்பவை சார்பிலாதவையாய்க் கொள்ளப்பட்டன.

பூமி உருண்டையானது என்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டதும் ''செங்குத்துத் திசை'' என்னும் கருத்தே தகர வேண்டிய தாயிற்று.

பூமி உருண்டையாய் இருப்பதால், செங்குத்துக் கோட் டின் திசையானது புவிப் பரப்பில் அந்தக் கோடு செல்லும் புள்ளியின் இருப்பிடத்தையே பொறுத்திருக்கிறது.

பூமியின் பரப்பில் வெவ்வேறு இடங்களில் செங்குத்துத் திசை வெவ்வேறாய் இருக்கிறது.

புவிப் பரப்பில் துல்லியமாய் எந்தப் புள்ளி என்று குறிக்கப்பட்டாலொழிய, ''மேலே'', கீழே'' என்னும் கருத்து கள் இவ்விதம் பொருளற்றவையாகின; சார்பிலாத தனி



முதலாய்க் கருதப்பட்டுவந்த ஒன்று இவ்வாறு சார்பானதாகியது. பிரபஞ்சத்தில் தனியொரு செங்குத்துத் திசை என்பதாய் எதுவுமில்லை. ஆகவே விசும்பில் [space] எந்தவொரு திசையும் புவிப் பரப்புக்குச் செங்குத்துத் திசையாய் அமையும்படியான தக்க புள்ளி ஒன்றைப் புவிப் பரப்பில் நாம் சுட்டிக்காட்டலாம்.

"அன்றாட அறிவு" எழுப்பும் ஆட்சேபம்

இன்று நமக்கு இவை எல்லாம் தெட்டத் தெளிவாய் விளங்கும் உண்மைகளாய்த் தோன்றுகின்றன. இவை குறித்து நமக்கு எந்தச் சந்தேகமும் இல்லை. ஆயினும் "மேலே", "கீழே" என்பவற்றின் சார்பியலை [relativity] உணர்ந்து கொள்வது மனிதனுக்கு எளிய காரியமாய் இருக்கவில்லை, இதை வரலாறு நமக்குத் தெரிவிக்கிறது. கருத்துகளின் சார்பியலை அன்றாட அனுபவம் ("வலம்", "இடம்" என்பவற்றின் விவகாரத்தில் செய்வது போல்) தெளிவாய்ப் புலப்படுத்தாவிடில், மக்கள் இக்கருத்துகளைச் சார்பிலாத் தனி முதல் தன்மையுடையனவாய்க் கொள்ள முற்படுகிறார்கள்.

பூமி உருண்டையானது என்பதற்கு மத்திய காலத்தில் எழுப்பப்பட்டு வந்த அசட்டுத்தனமான ஆட்சேபத்தை இங்கு குறிப்பிடலாம்: தலைகீழ் நிலையில் யாராலும் நடக்க முடியாதே என்றல்லவா அக்காலத்தில் ஆட்சேபித்தார்கள்?!

இந்த வாதம் செங்குத்துத் திசையின் சார்பியலைப் புறக் கணிப்பதால்தான் தவருன வாதமாகியது. பூமி உருண்டையாய் இருப்பதன் விளைவுதான் செங்குத்துத் திசையின் இந்தச் சார்பியல்.

உதாரணமாய் மாஸ்கோவில் இருக்கும் நாம் செங்குத்துத் திசையின் சார்பியலை ஒத்துக் கொள்ளாமல் அதைச் சார்பிலாத் தனிமுதலாய் இருப்பதாய்க் கொள்வோமாயின், பிறகு நியூ ஜீலந்தில் இருப்போரைத் தலைகீழ் நிலையில் நடப்பவர்களாகவே நாம் கருத வேண்டியிருக்கும். ஆனல் இதே போல நியூ ஜீலந்துக்காரர்களும் மாஸ்கோவாசிகளாகிய நம்மைத் தலைகீழ் நிலையில் நடப்பவர்களாகவே கருத நேரும் என்பதையும் நாம் நினைவில் கொள்ளவேண்டும். இதில் முரண்பாடு ஒன்றுமில்லை, ஏனெனில் செங்குத்துத் திசை என்பது உண்மையில் சார்பான கருத்தேயன்றி சார்பிலாக் கருத்தல்ல.

புவிப் பரப்பில், உதாரணமாய் மாஸ்கோவையும் நியூ ஜீலந்தையும் போல், போதிய அளவுக்கு விலகித் தொலைவிலுள்ள இரு இடங்களைக் கருதும் போதுதான் செங்குத்துத் திசைகளது சார்பியலின் மெய்ப் பொருளை நாம் உணரத் தொடங்குகிருேம். இதற்குப் பதில் ஒன்றுக்கொன்று அருகே அமைந்த இரு இடங்களை — உதாரணமாய், மாஸ்கோவிலுள்ள இரு வீடுகளை — எடுத்துக் கொள்வோமாயின், எல்லாச் செங்குத்துக் கோடுகளையும் மிகப் பெருமளவுக்கு இணை கோடுகளாய், அதாவது செங்குத்து திசையைச் சார்பிலாத் தனிமுதலானதாய், கருத நியாயமிருக்கிறது.

பரிமாணத்தில் புவிப் பரப்புடன் ஒப்பிடத்தக்கவையான மிகப் பெரும் பரப்புகளில் நாம் செயல்படுகையில்தான், சார்பிலாத ஒரு செங்குத்துத் திசையைப் பயன்படுத்தும் முயற்சியானது அபத்தங்களையும் முரண்பாடுகளையும் தோற்றுவிக்கிறது.

ஆக, நமது அன்றுட வாழ்வில் நாம் பயன்படுத்தும் கருத்துகளில் பலவும் சார்பானவை என்பதையும், பார்வையிடும் நிலைமைகளைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லும் போது மட்டுமே அவை பொருளுடைய கருத்துகளாகின்றன என்பதையும் மேலே நாம் விவாதித்த உதாரணங்கள் தெளிவுபடுத்துகின்றன.

அத்தியாயம் 2

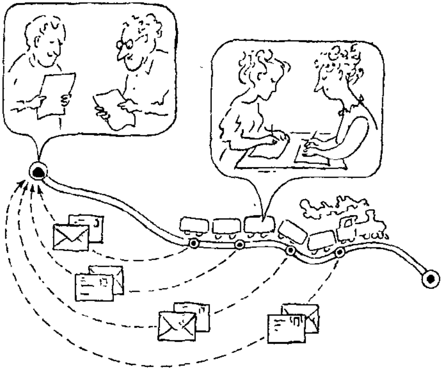
விசும்பு சார்பானதே

ஒரே இடமா, வெவ்வேறு இடங்களா?

இரண்டு நிகழ்ச்சிகள் ஒரே இடத்தில் நடைபெற்றன என்று நாம் அடிக்கடி கூறுகிறோம். இந்தக் கூற்றைச் சார்பிலாத் தனிமுதல் தன்மையதாக்க முனைகிறோம். உண்மையில் இது பொருளற்றது. மாஸ்கோவிலா, அல்லது சிக்காகோவிலா என்று இடத்தைக் குறிப்பிடாமலே "இப்போது மணி ஐந்து" என்று கூறுவதற்கு ஒப்பானதே இது.

இதைச் சரியாய்ப் புரிந்து கொள்ளும் பொருட்டு, மாஸ்கோ-விளாதிவஸ்தோக் விரைவு ரயில் வண்டியில் இரு பெண்கள் பயணம் புரிவதாகவும், மாற்றமின்றி தினமும் ஒரே அறையில் இருவரும் கூடித் தமது கணவர்களுக்குக் கடிதம் எழுதுவதென ஏற்பாடு செய்து கொள்வதாகவும் வைத்துக் கொள்வோம். மனைவிமார்கள் இருவரும் விசும்பில் தினமும் ஒரே இடத்தில் கூடிக் கடிதம் எழுதியதாய் இவர்களுடைய கணவர்களிடம் நாம் சொல்வோமாயின், கணவன்மார்கள் ஒத்துக் கொள்ள மாட்டார்கள். இந்த இடங்கள் ஒன்றுக்கொன்று பல நூறு கிலோமீட்டர் விலகியமைந்தவை என்று அவர்கள் தக்க காரணங்களின் அடிப்படையில் நம்மிடம் சொல்வார்கள். யராஸ்லாவ்ல், பேர்ம், ஸ்வெர்திலோவ்ஸ்க், தியூமேன், ஓம்ஸ்க், ஹபாரவ்ஸ்க்—இவ்வாறு வெவ்வேறு நகரங்களிலிருந்தல்லவா தமது மனைவிமார்களின் கடிதங்கள் வந்திருக்கின்றன என்பார்கள்.

பயணத்தின் போது முதல் நாளன்றும் பிறகு இரண்டாம் நாளன்றும் கடிதங்கள் எழுதப்பட்ட இவ்விரு நிகழ்ச்சிகளும் மனைவிமார்களின் கண்ணோட்டத்தின்படி ஒரே



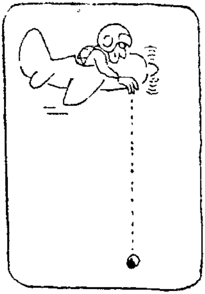
இடத்தில் நிகழ்ந்தவை; ஆனால் இவர்களுடைய கணவன்மார்களுடைய கண்ணோட்டத்தின்படி ஒன்றிலிருந்து ஒன்று பல நூறு கிலோமீட்டர் தொலைவில் அமைந்த வெவ்வேறு இடங்களில் நிகழ்ந்தவை.

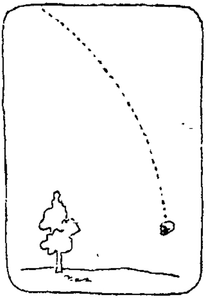
யார் சொல்வது சரி — மனைவிமார்கள் சொல்வதா, கணவன்மார்கள் சொல்வதா? இவர்களில் எத்தரப்பினர் பக்கமும் நாம் சேர்வதற்கில்லை. ஏனெனில் ''விசும்பில் ஒரே இடம்'' என்னும் கருத்து சார்பானதென்பது நமக்குத் தெட்டத் தெளிவாய்த் தெரிகிறது.

இதே போல், வானத்தில் இரு விண்மீன்கள் ஒருங்கிணைவதாய்ச் [coincide] சொல்லும் போது, இரு விண்மீன்களும் பூமியிலிருந்து பார்வையிடப்பட்டவை என்பதும் குறிக்கப்பட்டாலன்றி, நாம் சொல்வது பொருளற்றதாகவே இருக்கும். இரு நிகழ்ச்சிகள் விசும்பில் ஒருங்கிணைவதாய்ச் சொல்ல வேண்டுமாயின் இவை நிகழும் இடங்கள் எந்தப் பண்டங்களைச் [bodies] சார்ந்து நிர்ணயிக்கப்படுகின்றன என்பதும் குறிக்கப்பட்டாக வேண்டும்.

இவ்விதம் விசும்பில் இடநிலை [position] என்பதும் சார்பான கருத்தே ஆகும். விசும்பில் ஒரு பண்டத்தின் இடநிலை என்பதாய் நாம் பேசுகையில் பிற பண்டங்களைச் சார்ந்த

2 — 527





அதன் இடநிலையையே எப்பொழுதும் குறிக்கின்றோம். ஒரு பண்டத்தின் இடநிலை பற்றிய ஒரு கேள்விக்குப் பதிலளிக்கையில் பிற பண்டங்களைக் குறிக்காவிடில், நமது பதில் பொருளற்றதாகவே இருக்கும்.

உண்மையில் பண்டம் செல்லும் பாதை எது?

''விசும்பில் பண்டத்தின் இடப்பெயர்ச்சி'' என்கிற கருத்தும் சார்பானதே. இது மேற்கூறியதிலிருந்து பெறப்படுகிறது. விசும்பில் ஒரு பண்டம் இடம் பெயர்ந்திருப்பதாய்ச் சொல்கிறோம் என்றால், அதன் பொருள் என்ன? பிற பண்டங்களைச் சார்ந்த தனது இடநிலையை இப்பண்டம் மாற்றிக் கொண்டுவிட்டதென்பதே அதன் பொருள்.

தமது சார்பு இடநிலைகளை [relative positions] மாற்றிச் செல்லும் வெவ்வேறு புள்ளிகளிலிருந்து ஒரு பண்டத்தின் இயக்கத்தைப் [motion] பார்வையிடுவோமாயின், அந்த இயக்கம் வெவ்வேறாய் இருத்தலைக் காணலாம்.

பறக்கும் விமானத்திலிருந்து கீழே போடப்படும் ஒரு கல்லானது, விமானத்திலிருந்து பார்க்கையில் நேர்கோட்டிலும், பூமியிலிருந்து பார்க்கையில் பரவளைவு [parabola] எனப்படும் வளைகோட்டிலும் கீழே விழுகிறது. அதாவது, இந்தக் கல்லின் பாதையானது விமானத்தைச் சார்ந்து நேர்கோடாகவும், பூமியைச் சார்ந்து பரவளைவாகவும் இருக்கிறது.

உண்மையில் இந்தக் கல் செல்லும் பாதை எது?

இது அர்த்தமற்ற கேள்வி. சந்திரனுடைய மெய்யான கோணம் எது?—சூரியனிலிருந்து பார்க்கையில் தெரியக் கூடியதா? பூமியிலிருந்து பார்க்கையில் தெரிவதா? என்கிற கேள்வி எவ்வளவு அபத்தமானதோ, அதே போல் இதுவும் அபத்தமானதே.

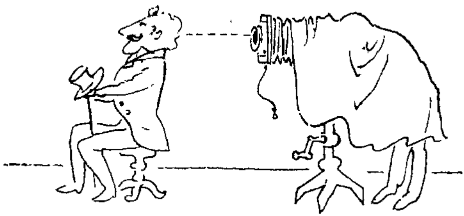
ஒரு பண்டம் செல்லும் பாதையின் வடிவகணித வடிவு, ஒரு கட்டடத்தின் புகைப்படம் எப்படியோ அதே போல் சார்பானதே ஆகும். கட்டடத்தை அதன் முன்பக்கத்திலிருந்தும் பின்பக்கத்திலிருந்தும் படமெடுக்கையில் எப்படி வெவ்வேறு புகைப்படங்கள் கிடைக்கின்றனவோ, அதே போல் கல்லின் பாதையை வெவ்வேறு இடநிலைகளிலிருந்து நோக்குகையில் வெவ்வேறு வடிவிலான பாதைகள் கிடைக்கின்றன.

எல்லா நோக்கு நிலைகளும் இணைமாற்றனவைதானா?

விசும்பில் ஒரு பண்டத்தின் இயக்கத்தைக் கண்டறிவதில் நமது நோக்கமெல்லாம் பண்டத்தின் செல்பாதையைத் தெரிந்து கொள்வது மட்டும்தான் என்றால், வசதியாகவும் எளிதாகவும் இருக்கும்படியான ஒரு பார்வையிடத்தைத் தெரிந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம்.

தேர்ந்த புகைப்படக்காரராய் இருப்பவர் தமது காமிராவுக்கு ஓர் இடத்தைத் தெரிந்தெடுத்துக் கொள்ளும் போது, மற்றும் பலவற்றுடன்கூட தாம் எடுக்கும் புகைப் படத்தின் இயைபும் கலையழகும் சிறப்பாய் இருக்க வேண்டுமென்பதில் முக்கிய கவனம் செலுத்துவார்.

ஆனால் விசும்பில் பண்டங்களது இயக்கத்தை ஆராய்வதில் நமக்குள்ள நோக்கம் மேலும் விரிவானதாகும். செல்பாதையைத் தெரிந்து கொள்வது மட்டுமின்றி, குறிப்பிட்ட நிலைமைகளில் ஒரு பண்டம் செல்லக்கூடிய பாதையை முன் கூட்டியே கணிப்பதும் நமது நோக்கமாகும். அதாவது பண்டத்தின் இயக்கத்தைப் பற்றிய விதிகளை—பண்டங்களை இப்படியோ அப்படியோ செல்ல வைக்கும் விதிகளை—தெரிந்து கொள்ள விரும்புகிறோம்.



இந்தக் கண்ணேட்டத்துடன் நாம் இயக்கத்தின் சார்பியலைப் பரிசீலிக்கையில், விசும்பில் எல்லா இடநிலைகளும் இணைமாற்றுனவை [equivalent] அல்ல என்பது தெரிய வருகிறது.

அடையாளப் பத்திரத்துக்காகப் புகைப்படம் பிடித்துத் தரும்படி புகைப்படக்காரரிடம் சொல்லும் போது, நாம் படம் பிடித்துக் கொள்ள விரும்புவது நமது முகமேயன்றி பின்தலையல்ல. புகைப்படக்காரர் விசும்பில் எந்த இடநிலையிலிருந்து நம்மைப் படம் பிடிக்க வேண்டுமென்பது இதிலிருந்து நிர்ணயிக்கப்பட்டுவிடுகிறது. இந்த ஒன்றைத் தவிர வேறு எந்த இடநிலையும் நமது தேவையைப் பூர்த்தி செய் வதாய் இராது.

ஓய்வு நிலை கண்டறியப்பட்டுவிட்டது!

பண்டங்களின் இயக்கம் புறவிசைகளால் [external forces] பாதிக்கப்படுகிறது. இந்தப் பாதிப்பை நாம் நெருங்கிச் சென்று தீர்க்கமாய்ப் பரிசீலனை செய்தோமாயின் இயக்கத்தைப் பற்றிய பிரச்சினை குறித்து முற்றிலும் புதிய பார்வை நமக்குக் கிடைக்கும்.

புறவிசைகள் எவற்றுலும் பாதிக்கப்படாத ஒரு பண்டம் நம்மிடம் இருப்பதாய் வைத்துக் கொள்வோம். இப்பண்டத்தை நாம் எங்கிருந்து பார்வையிடுகிறேமோ அதற்கேற்ப இது வெவ்வேறு விதமாய், அதிகமாகவோ குறைவாகவோ விரைதமாய் இயங்கிச் செல்லும். ஆனுல் இதை எங்கிருந்து பார்வையிடுகையில் இது ஓய்வு நிலையில் [state of

rest] இருக்கிறதோ, அவ்விடம்தான் பார்வையாளருக்கு மிகவும் இயற்கையான இடமென்பதைக் கூறத் தேவையில்லை.

ஆகவே இப்பொழுது நாம் ஒய்வு நிலைக்கு முற்றிலும் புதியதோர் இலக்கணம் வகுத்துக் கொள்ளலாம்—பரிசிலனை யிலுள்ள பண்டத்தின் இயக்கம் பிற பண்டங்களைச் சார்ந்து எப்படியிருப்பினும் அதைப் பொருட்படுத்தத் தேவையில் லாதபடி வகுத்துக் கொள்ளலாம். இவ்வாறு, எந்தப் புற விசையின் பாதிப்புக்கும் உட்படாத பண்டம் ஒய்வு நிலையில் இருப்பதாய்க் கொள்ளலாம்.

நிலைமத் தொகுதி

ஒய்வு நிலையை அடைவது எப்படி? ஒரு பண்டம் எந்தப் புறவிசையின் பாதிப்புக்கும் உள்ளாகாதபடி உறுதி செய்து கொள்வது எப்படி?

இதற்கு நாம் இப்பண்டத்தைப் பாதிப்புக்கு உள்ளாக்கக் கூடிய ஏனைய பண்டங்களிலிருந்து முடிந்த அளவுக்கு அதிகத் தொலைவிற்கு விலக்கியெடுத்துச் சென்றாக வேண்டும்.

இப்படிப்பட்ட நிலைமப் [inertial] பண்டங்களைக் கொண்டு கற்பனையில் நாம் ஓர் ஆய்வுக்கூடத்தை—பண்டத் தொகுதியை [frame] —அமைக்கலாம். இந்த ஆய்வுக் கூடத்தை ஒய்வு நிலையில் இருப்பதாய்க் கொண்டு, இயக் கத்தை இந்த நிலைம ஆய்வுக்கூடத்திலிருந்து பார்வையிட்டு இயக்கத்தின் இயல்புகளைக் கண்டறிந்து கொள்ளலாம்.

வேறொரு ஆய்வுக்கூடத்தில் பார்வையிட்டு அறியப் பட்ட இயக்கத்தின் இயல்புகள், நமது இந்த நிலைம ஆய்வுக் கூடத்தில் பார்வையிட்டு அறியப்பட்ட இயக்கத்தின் இயல்பு களிலிருந்து வேறுபடுமாயின், அப்பொழுது நாம் அந்த வேறொரு ஆய்வுக்கூடம் ஒய்வு நிலையில் இல்லாமல் நகர்ந்து இயங்கிக் கொண்டிருந்ததென்று முழு நியாயத்துடன் முடிவு செய்யலாம்.

ரயில் வண்டி ஓடுகிறதா?

நகரும் ஆய்வுக்கூடத்தில் இயக்கமானது நிலைம ஆய்வுக் கூடத்தில் நிலவும் விதிகளிலிருந்து மாறுபாடான விதிகளால்

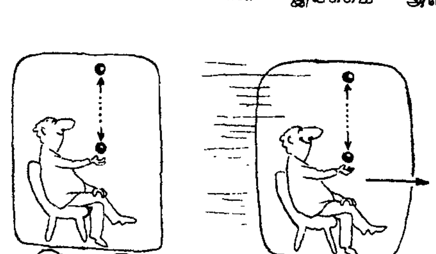
ஆளப்படுகிறது என்பதை நாம் இவ்விதம் நிலைநாட்டுவோமாயின், அதன்பின் இயக்கமெனும் கருத்து அதன் சார்புத் தன்மையை இழந்துவிடுவதாய்த் தோன்றும். அப்பொழுது சார்பு நிலைமத்தின் இயக்கத்தைக் குறிப்பிட்டுக் காட்டி அதைச் சார்பிலாத் தனிமுதலானதாய்ச் சொல்லிவிடலாம்.

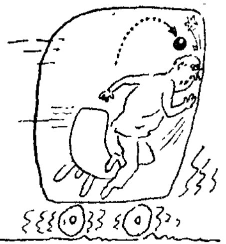
ஆனால் நிலைம ஆய்வுக்கூடத்தில் நிலவும் விதிகள் இந்த ஆய்வுக்கூடம் நகர்த்தி இயக்கப்படும் ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் மாறவா செய்கின்றன?

நேர்கோட்டுப் பாதையில் சீர் வேகத்தில் [uniform speed] ஓடும் ஒரு ரயில் வண்டியில் ஏறிக் கொள்வோம். இவ்வண்டியில் ஒரு பெட்டியினுள் பண்டங்களின் இயக்கத்தைப் பார்வையிட்டு, ஓடாமல் அசைவற்று நிற்கும் ரயில் வண்டியில் பண்டங்களது இயக்கத்துடன் அதை ஒப்பிட்டுப் பார்ப்போம்.

மாருத [constant] வேகத்தில் நேர்கோட்டுப் பாதையில் செல்லும் ரயில் வண்டியில் பண்டங்களின் இயக்கமானது, அசைவற்று நிற்கும் ரயில் வண்டியில் எப்படியோ அதே போலவே இருக்கிறது என்பதை நமது அன்றாட அனுபவம் தெரிவிக்கிறது. ஓடும் ரயில் வண்டியினுள் நேரே செங்குத்தாய் மேலே விட்டெறியப்படும் பந்து அடியிலுள்ள படத்தில் காட்டப்படுவது போல் திரும்பவும் நம் கைகளிலேதான் வந்து விழுகிறதே அல்லாமல், வளைகோட்டுப் பாதையில் வரவில்லை.

ஓடும் பொழுது தவிர்க்க முடியாததாகிவிடும் குலுக்கலாலும் ஆட்டத்தாலும் ஏற்படும் விளைவுகளை ஒதுக்கிவிடுவோமாயின், பண்டங்களின் இயக்கம் அசைவற்று



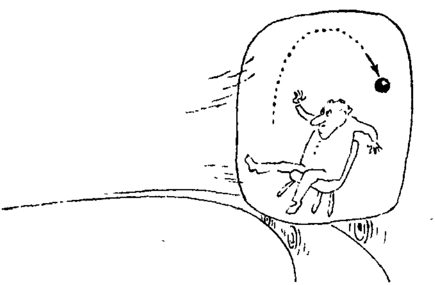


ஓய்ந்திருக்கும் ரயில் வண்டியினுள் எப்படி இருக்குமோ, அதே போலவேதான் ஓடும் ரயில் வண்டியிலும் இருக்கும்.

ஆனால் ரயில் வண்டி தனது வேகத்தைக் குறைத்துக் கொள்ளும் போதோ, அல்லது அதிகரித்துக் கொள்ளும் போதோ, நிலவரம் மாறிவிடுகிறது. ரயில் வண்டி தனது வேகத்தைக் குறைத்துக் கொள்கையில் நாம் முன்னேக்கித் தள்ளிவிடப்படுகிறோம், அது தனது வேகத்தை அதிகரித்துக் கொள்கையில் நாம் பின்னேக்கித் தள்ளிவிடப்படுகிறோம். ஓய்வு நிலையிலிருந்து முற்றில் வேறுனது இது.

சீர் வேகத்தில் ஓடிக் கொண்டிருக்கும் ரயில் வண்டி தனது திசையை மாற்றிக் கொள்ளுமாயின், அப்பொழுதும் உடனே நாம் இதை உணர முடிகிறது. ரயில் வண்டி கடுமையாய் வலப் பக்கம் திரும்புகையில் நாம் வண்டிப் பெட்டியின் இடப் பக்கமும், ரயில் வண்டி கடுமையாய் இடப் பக்கம் திரும்புகையில் வலப் பக்கமும் தள்ளி அழுத்தப்படுகிறோம்.

இனி தொகுத்துக் கூறுவோமாயின் நாம் வந்தடையும் முடிவு இதுதான்: குறிப்பிட்ட ஓர் ஆய்வுக்கூடமானது ஓய்வு நிலையிலுள்ள இரண்டாவது ஆய்வுக்கூடத்தைப் பொறுத்த மட்டில் சீராகவும் [uniformly] நேர்கோட்டுப் பாதையிலும் [rectilinearly] நகரும் வரை, இரண்டாவது ஆய்வுக்கூடத்தில் பண்டங்களின் இயக்கத்திலிருந்து திரிபானவற்றை அதில் காண முடியாது. ஆனால் நகரும் ஆய்வுக்கூடத்தின் இயக்கம் மாறியதும் (வேக அதிகரிப்பாலோ, வேகக் குறைப்பாலோ, திசையின் மாற்றத்தாலோ), இதன் விளைவை அதிலுள்ள பண்டங்களின் இயக்கத்தில் உடனே அதே கணத்தில் காண முடிகிறது.



ஒய்வு நிலை நிரந்தரமாகவே தகர்ந்துவிடுகிறது

ஆய்வுக்கூடத்தின் சீரான நேர்கோட்டுப் பாதையிலான இயக்கத்தால் அதனுள் இருக்கும் பண்டங்களுடைய இயக்கத்தின்மீது எந்தப் பாதிப்பும் ஏற்படுவதில்லை என்கிற இந்த அதிசய உண்மையானது, நம்மை ஒய்வு நிலை பற்றிய நமது கருத்தோட்டத்தை மாற்றிக் கொள்ளும்படி வைக்கிறது. ஒய்வு நிலையும், சீரான நேர்கோட்டுப் பாதையிலான இயக்க நிலையும் [state of motion] ஒன்றுக்கொன்று வேறுபாடானவை அல்ல என்பது தெரிய வருகிறது. ஒய்வு நிலையிலுள்ள ஓர் ஆய்வுக்கூடத்துடன் ஒப்பிடுகையில் சீராய் நேர்கோட்டுப் பாதையில் இயங்கும் மற்றோர் ஆய்வுக்கூடத்தையும் ஒய்வு நிலையிலேயே இருப்பதாய்க் கொள்ளலாம் என்றாகிறது. தனிமுதலான ஒரேயொரு ஒய்வு நிலை என்பது போய், எண்ணற்ற பல்வேறு வித ''ஒய்வு நிலைகள்'' இருக்கின்றன என்பதே இதன் அர்த்தம். ஆகவே, ஒன்றுக்கொன்று பல்வேறு வேகங்களில் சீராய் நேர்கோட்டுப் பாதையில் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் எண்ணிலடங்காத ஆய்வுக்கூடங்கள் எல்லாமே ''ஒய்வு நிலையில்'' இருப்பவையே என்றாகிறது.

ஒய்வு நிலை சார்பிலாத் தனிமுதலானதாய் இராது சார்பானதாய் இருப்பதால், ஒன்றோடொன்று ஒப்பிடுகையில் சீராய் நேர்கோட்டுப் பாதையில் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் எண்ணற்ற ஆய்வுக்கூடங்களில் எதைச் சார்ந்து, ஓர் இயக்கத்தைப் பார்க்கிறோம் என்று ஒவ்வொரு தடவையும் நாம் குறிப்பிட்டாக வேண்டும்.

இயக்கத்தைச் சார்பிலாத் தனிமுதலான கருத்தாக்கும் நமது முயற்சி இவ்விதம் தோல்வியுறுகிறது.

பரிசீலனையிலுள்ள ஓர் இயக்கத்தை எந்த ''ஓய்வு நிலையைச்'' சார்ந்து பார்வையிடுகிறோம் என்னும் கேள்வி முடிவின்றி எழுந்து கொண்டுதான் இருக்கிறது.

இவ்வாறு நாம் இயற்கையின் மிக முக்கிய விதியை வந்தடைகிறோம். சார்பு இயக்கக் கோட்பாடு என்பதாய் இவ்விதி அழைக்கப்படுகிறது.

இவ்விதி கூறுவதாவது: ஒன்றையொன்று சார்ந்து சீராய் நேர்கோட்டுப் பாதையில் இயங்கும் தொகுதிகளினுள் பண்டங்களுடைய இயக்கம் ஒருமித்த விதிகளால் ஆளப்படுகிறது.

நிலைம விதி

ஒரு பண்டத்தின்மீது புறவிசை செயல்படாத போது அந்தப் பண்டம் ஓய்வு நிலையிலோ, அல்லது நேர்கோட்டுப் பாதையிலான சீரான இயக்க நிலையிலோ இருக்கும் என்பதே இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாடு [principle of relativity of motion] எனப்படுவது. இதைப் பௌதிகவியலாளர்கள் நிலைம விதி [law of inertia] என்று அழைக்கின்றனர்.

ஆனால் நமது அன்றாட வாழ்வில் இந்த விதியின் செயற்பாடு திரையிடப்பட்டு விடுகிறது, இது நேரடியாய்த் தன்னை வெளிப்படுத்திக் கொள்வதில்லை. நிலைம விதியின்படி, சீரான நேர்கோட்டுப் பாதையிலான இயக்கத்திலுள்ள ஒரு பண்டமானது, அதன்மீது புறவிசை எதுவும் செயல்படவில்லையானால், என்றென்றுக்குமாய் இதே இயக்கத்தில்தான் இருந்து கொண்டிருக்க வேண்டும். ஆனால் இந்தப் பண்டத்தின்மீது நாம் விசையைச் செயல்பட வைக்காதிருக்கும் போதுகூட இதன் இயக்கம் நின்று போய்விடுவதைப் பார்க்கிறோம்.

இந்தப் புதிரின் இரகசியம் என்னவெனில், நாம் காணும் பண்டங்கள் யாவும் உராய்வு விசைகள் [forces of friction] எனப்படும் புறவிசைகளின் பாதிப்புக்கு உள்ளாவதுதான். நிலைம விதியை நாம் காண்பதற்கு வேண்டிய நிலைமை— அதாவது, பண்டத்தின் மீது புறவிசைகள் செயல்படக் கூடாது என்பது — இருக்கவில்லை. ஆயினும், சோதனை நடைபெறும்

நிலைமைகளைச் செம்மை செய்வதன் மூலம், எடுத்துக்காட்டாய் உராய்வு விசைகளைக் குறையச் செய்வதன் மூலம், நிலைம விதியைக் காண்பதற்குத் தேவையான இலட்சிய நிலைமையை நாம் நெருங்கிச் செல்லலாம்; இவ்விதம் இந்த விதி நமது அன்றாட வாழ்வில் காணக் கூடிய இயக்கங்களுக்கும் பொருந்தும் விதியே என்பதை நாம் நிரூபிக்கலாம்.

சார்பியல் இயக்கக் கோட்பாடு மனிதனது மிகப் பெரிய கண்டுபிடிப்புகளில் ஒன்றாகும். இந்தக் கோட்பாடு கண்டு பிடிக்கப்பட்டிராவிடில் பௌதிகவியல் வளர்ச்சி பெற்றிருக்க முடியாது. கலிலேயோவின் பேரறிவால் நமக்குக் கிடைக்கப் பெற்ற கண்டுபிடிப்பு இது. அக்காலத்தில் ஆதிக்கத்திலிருந்த போதனையான அரிஸ்டோட்டிலின் போதனையை, கத்தோலிக்க சமயச் சபையால் விடாப்பிடியாய் ஆதரிக்கப்பட்டு வந்த இந்தப் போதனையை கலிலேயோ துணிந்து எதிர்த்தார். அரிஸ்டோட்டிலின் போதனைப்படி விசை செயல்படுத்தப் படும் போது மட்டுமே இயக்கம் ஏற்பட முடியும், விசை இல்லாமற் போனதும் இயக்கம் தவிர்க்க முடியாதபடி நின்றே போக வேண்டும். வரிசையாய்ப் பல சிறந்த சோதனைகளைக் கொண்டு கலிலேயோ இதற்கு நேர் விரோதமானதே உண்மை என்று நிரூபித்தார். இயங்கும் பண்டங்களை உராய்வுதான் இயங்காது நிற்க வைக்கின்றன, உராய்வு மட்டும் இல்லையானால் ஒரு தரம் இயங்க வைக்கப்பட்டதும் பண்டம் நிற்காமலே என்றென்றும் இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் என்பதை அவர் தெளிவுபடுத்தினார்.

திசைவேகமும் சார்பானதுதான்!

குறிப்பிட்ட திசைவேகத்தில் [velocity] இயங்கும் ஒரு பண்டத்தின் சீரான நேர்கோட்டுப் பாதையிலான இயக்கம், குறிப்பிட்ட அந்தத் திசைவேகம் எந்த நிலைமத் தொகுதியைச் சார்ந்து அளந்து கணக்கிடப்பட்டதென்று குறிக்கப்படாவிடில் பொருளற்ற கருத்தே ஆகுமென்பது இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டிலிருந்து பெறப்படுகிறது. புவி நெடுவரைக் [longitude] கருத்து குறித்தும், இந்த நெடுவரை எந்த நெட்டாங்கிலிருந்து [meridian] கணக்கிடப்படு

கிறது என்பது குறிக்கப்படாவிடில், இம்மாதிரியே சொல்ல வேண்டியிருக்கும்.

இவ்விதம் திசைவேகமும் சார்புக் கருத்தாகவே இருக்கக் காண்கிறோம். இயங்கும் பண்டம் ஒன்றேயாயினும் வெவ்வேறு நிலைமத் தொகுதிகளைச் சார்ந்து அதன் திசை வேகம் நிர்ணயிக்கப்படுகையில் வெவ்வேறு திசைவேகங்கள் கிடைக்கும்.

ஆயினும் திசைவேகத்தில் ஏற்படும் ஒவ்வொரு மாற்றமும்—இந்த மாற்றம் முடுக்கமாய் [acceleration] இருப்பினும் சரி, எதிர்முடுக்கமாய் [deceleration] இருப்பினும் சரி, திசை மாற்றமாயினும் சரி—சார்பிலாத் தனிமுதல் தன்மையதாய் இருக்கிறது. இதை நாம் பார்வையிடும் தொகுப்பின் நிலையைப் பொறுத்ததாய் இருக்கவில்லை.

அத்தியாயம் 3

ஒளியின் சோகநாடகம்

நேரச் செலவின்றி பரவவில்லை ஒளி

இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டையும் எண்ணற்ற ''நிலைமத்'' தொகுதிகள் இருத்தலையும் ஐயமற தெரிந்து கொண்டுவிட்டோம். நிலைமத் தொகுதிகள் யாவற்றிலும் பண்டங்களது இயக்கத்தை ஆளும் விதிகள் ஒத்தனவாய் இருக்கின்றன. ஆனால் மேலே நாம் நிலைநிறுத்திய கோட்பாட்டுக்கு முரணானதாய் முதற் பார்வைக்குத் தெரியும் ஒரு வகை இயக்கம் இருக்கிறது. ஒளி பரவுதலே இந்த இயக்கம்.

நேரச் செலவின்றி ஒளி நொடியில் பரவவில்லை என்றாலும், இதன் வேகம் மிகப் பிரம்மாண்டமானது— 3,00,000 கி. மீ/வினாடி!

இந்தப் பிரம்மாண்ட வேகத்தை நினைத்துப் பார்ப்பதே நமக்குக் கடினமாயிருக்கிறது, ஏனெனில் நமது அன்றாட வாழ்வில் சாதாரணமாய் நாம் எதிர்படும் வேகங்கள் இதனுடன் ஒப்பிடுகையில் அற்பமானவை. எடுத்துக்காட்டாய், சோவியத் விண்வெளி ராக்கெட்டின் வேகம் 12 கி. மீ/வினாடியேதான். நாம் நேரடியாய் எதிர்படுகிறவற்றுள் பூமிதான் மிகவும் அதிக வேகமுடையது, சூரியனைச் சுற்றி அது சுழலும் வேகம்தான் மிகப் பெரிது. பூமியின் இந்த வேகமுங்கூட 30 கி. மீ/ வினாடிதான்.

ஒளியின் வேகத்தை மாற்ற முடியுமா?

ஒளி பரவுதலின் பிரம்மாண்ட வேகம் அதிசயிக்கத் தக்கதாய் உள்ளது. ஆனால் இந்த வேகம் இம்மியும் மாறாத ஒன்றாய் இருப்பது இன்னும் பெரிய அதிசயமாகும்.

ஒரு பண்டத்தின் இயக்கத்தைச் செயற்கை வழியில் நம்மால் முடுக்கவும் தணிக்கவும் முடிகிறது. துப்பாக்கிக் குண்டின் வேகத்தையுங்கூட இப்படிச் செய்ய முடிகிறது. குண்டு செல்லும் பாதையில் மண் மூட்டையை வைத்து விட்டால் போதும். மண்ணைத் துளைத்துக்கொண்டு செல்லும் குண்டு தனது வேகத்தை இழந்துவிடுகிறது.

ஆனால் ஒளியின் விவகாரம் வேறு. குண்டின் வேகம் பெருமளவுக்கு அது வெடிக்கப்படும் துப்பாக்கியின் அமைப்பையும் வெடிமருந்தின் இயல்புகளையும் பொறுத்ததாகும். ஆனால் ஒளியின் வேகம் ஒளியாதாரம் எதுவாய் இருப்பினும் எப்போதும் ஒரே அளவானதாய் இருக்கிறது.

ஒளிக் கற்றையின் பாதையில் ஒரு கண்ணாடித் தடுப்பை வைப்போம். வெற்றிடத்தைவிட [vacuum] கண்ணாடியினுள் ஒளியின் வேகம் குறைவானதால், கண்ணாடியினுள் இந்தக் கற்றை சற்று மெதுவாய்ச் செல்கிறது. ஆனால் கண்ணாடியைக் கடந்ததும் ஒளி மீண்டும் 3,00,000 கி. மீ/வினாடி வேகமுடையதாகிவிடுகிறது!

வெற்றிடத்தில் ஒளியின் பரவுதலுக்கு, ஏனைய எல்லா வகை இயக்கங்களுக்கும் இல்லாத முக்கியமான ஓர் இயல்பு இருக்கிறது—அதை முடுக்கவோ தணிக்கவோ முடிவதில்லை. பொருளினுள் ஒளிக் கற்றை எந்த மாறுதல்களுக்கு உள்ளாகிய போதிலும் அங்கிருந்து வெற்றிடத்தினுள் புகுந்ததும் அது தனது பழைய வேகத்தில் பரவிச் செல்கிறது.

ஒளியும் ஒலியும்

இந்த இயல்பைப் பொறுத்த வரை ஒளியின் பரவுதல் பண்டங்களின் வழக்கமான இயக்கத்தைக் காட்டிலும் ஒலியின் பரவுதலையே அதிகமாய் ஒத்திருக்கிறது. ஒலியானது அது பரவும் ஊடகத்தில் உண்டாகும் அதிர்வாகும். ஆகவே ஒலியின் வேகம் ஊடகத்தின் இயல்புகளைப் பொறுத்ததாய் இருக்கிறதே அல்லாமல், ஒலியை உண்டாக்கும் பண்டத்தின் இயல்புகளைப் பொறுத்ததாய் இல்லை: ஒளியின் வேகத்தைப் போலவே ஒலியின் வேகமும் அதிகரிக்கப்படவோ, குறைக்கப் படவோ முடியாதது. பிற பண்டங்களினூடே செலுத்திய பிறகுங்கூட ஒலியின் வேகம் மாறுவதில்லை.

ஒலியின் பாதையில் உலோகத் தடுப்பு ஒன்றை வைத்தோமாயின், தடுப்புக்குள் ஒலி தனது வேகத்தை மாற்றிக் கொண்டு, பிறகு அதன் துவக்க ஊடகத்துக்குள் புகுந்ததுமே தனது துவக்க வேகத்தைத் திரும்பவும் பெற்றுக் கொண்டு விடுகிறது.

மின் விளக்கையும் மின் மணியையும் காற்றுப் பம்பின் கண்ணாடி மூடிக்குள் வைத்து மூடிக்குள்ளிருக்கும் காற்றை வெளியேற்றத் தொடங்குவோம். மணியின் ஓசை மேலும் மேலும் குறைந்து சென்று முடிவில் காதில் விழாதபடி குன்றி விடுகிறது. ஆனால் விளக்கு இவ்வாறன்றி எப்பொழுதும் போல் ஒளி பரப்புகிறது.

ஒலி பொருளாயத ஊடகத்தில் மட்டுமே பரவுகிறது, ஆனால் ஒளி வெற்றிடத்திலும் பரவுகிறது என்பதை இந்தச் சோதனை நிரூபிக்கிறது.

இதுவே இவை இரண்டுக்குமுள்ள முக்கியமான வேறுபாடு.

இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாடு ஆட்டம் காண்பதாய்த் தோன்றுகிறது

வெற்றிடத்தில் ஒளிக்குள்ள, வரம்பற்றதல்ல என்றாலும் இந்தப் பிரம்மாண்ட வேகம் நம்மை இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டுடன் மோதச் செய்கிறது.

பயங்கரமான 2,40,000 கி. மீ/விநாடி வேகத்தில் ஒரு ரயில் வண்டி பறந்தோடுவதாய்க் கற்பனை செய்து கொள்வோம். வண்டியின் முதலாவது பெட்டியின் தலைப்பகுதியில் நாம் செல்வதாகவும், கடைசிப் பெட்டியில் மின்விளக்கின் விசைப் பொத்தான் தட்டிவிடப்படுவதாகவும் கொள்வோம். ரயில் வண்டியின் கடைகோடியிலிருந்து தலைமுனைக்கு ஒளி வந்து சேரத் தேவையான நேரத்தை நாம் அளந்து கணக்கிட்டோமாயின் கிடைக்கும் விடை எவ்வளவாய் இருக்குமென்று பரிசீலிக்கலாம்.

இந்த நேரம் ரயில் வண்டி ஓடாமல் ஒய்ந்து நிற்கும் போது நமக்குக் கிடைக்கக் கூடிய விடையிலிருந்து மாறுபடுமென்பதாய்த் தோன்றும். 2,40,000 கி. மீ/விநாடி வேகத்தில்

செல்லும் ரயில் வண்டியைச் சார்ந்து நமது மின்விளக்கின் ஒளி 3,00,000—2,40,000=60,000 கி.மீ/விநாடி வேகத் திலேதான் செல்ல வேண்டும்; அதாவது வண்டியின் தலை முனையை ஒளி விரட்டிச் சென்று எட்டிப்பிடிக்க வேண்டும் என்பது போல் தெரிகிறது. ரயில் வண்டியின் தலைமுனையில் மின்விளக்கை வைத்து, விளக்கின் ஒளி வண்டியின் கடை கோடிக்கு வந்து சேர்வதற்கு ஆகும் நேரத்தை அளந்து கணக் கிடுவோமாயின், வண்டியின் இயக்கத்துக்கு எதிர்த் திசையில் ஒளியின் வேகம் 2,40,000+3,00,000=5,40,000 கி. மீ/விநாடி இருக்குமென்பதாய்த் தோன்றுகிறது; அதாவது விளக்கின் ஒளியும் ரயில் வண்டியின் கடைகோடி முனையும் ஒன்றை நோக்கி ஒன்று ஓடி வருவதாய்த் தோன்றுகிறது.

இவ்விதம் ஓடும் ரயில் வண்டியில் ஒளியானது வெவ் வேறு திசைகளிலும் வெவ்வேறு வேகங்களில் பரவுவதாகவும், ஓடாமல் நிற்கும் ரயில் வண்டியில் இரு திசைகளிலும் ஒளியின் வேகம் மாற்றமின்றி ஒன்றாகவே இருப்பதாகவும் தோன்று கிறது.

துப்பாக்கிக் குண்டைப் பொறுத்த வரை நிலைமை முற்றிலும் வேறு. ரயில் வண்டியின் ஓட்டத் திசையில் சுடப்பட்டாலும் சரி, எதிர்த் திசையில் சுடப்பட்டாலும் சரி, வண்டிப்பெட்டியின் சுவர்களைச் சார்ந்து குண்டின் வேகம் மாற்றமின்றி ஒன்றாகவே இருக்கும்—ஓடாமல் நிற்கும் ரயில் வண்டியில் குண்டின் வேகம் எவ்வளவோ அதற்குச் சமமாகவே இருக்கும்.

காரணம் என்னவென்றால், குண்டின் வேகம் துப்பாக்கி யின் வேகத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது, ஆனால் ஒளியின் வேகம் — ஏற்கனவே நாம் கூறியது போல் — மின்விளக்கு செல்லும் வேகத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்துக்கு இசைவாய் மாறுவதில்லை.

ஒளியின் பரவுதலானது இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட் பாட்டிலிருந்து வெகுவாய் வேறுபடுகிறதென நமது மேற் கூறிய வாதம் நிரூபிப்பதாய்த் தோன்றுகிறது. ரயில் வண்டி ஓடினாலும், ஓடாமல் நின்றாலும் அவ்வண்டியைச் சார்ந்து குண்டானது ஒரே வேகத்தில் பாய்கிறது. ஆனால் ஒளியானது ஓடாமல் நிற்கும் ரயில் வண்டியில் பரவும் வேகத்தைப்

போல், 2,40,000 கி.மீ/விநாடி வேகத்தில் ஓடும் ரயிலில் ஒரு திசையில் ஐந்து மடங்கு மெதுவாகவும் எதிர்த் திசையில் 1.8 மடங்கு வேகமாகவும் பரவுவதாய்த் தோன்றுகிறது.

ஒளி பரவுதலை ஆராய்வோமாயின் ஓடும் ரயில் வண்டியின் சார்பிலாத் தனிமுதல் வேகத்தைக் கணித்து நிலைநாட்ட முடியுமென்பதாய்த் தெரிகிறது.

சார்பிலாத் தனிமுதல் ஓய்வு நிலை என்னும் கருத்தை ஒளி பரவுதலின் மூலம் நாம் நிலைநாட்டக் கூடுமென்ற நம்பிக்கை உண்டாகிறது.

எந்தப் பண்டத் தொகுப்பில் [frame] ஒளியானது மாறுத ஒரே வேகத்தில், அதாவது 3,00,000 கி. மீ/விநாடி வேகத்தில் எல்லாத் திசைகளிலும் பரவுகிறதோ அந்தத் தொகுப்பைச் சார்பிலாத் தனிமுதல் ஓய்வு நிலையிலுள்ளதாய்க் கொள்ளலாம். இந்தத் தொகுப்பைச் சார்ந்து நேர் கோட்டுப் பாதையில் சீரான வேகத்தில் செல்லும் வேறு எந்தத் தொகுப்பிலும் ஒளியின் வேகம் வெவ்வேறு திசைகளிலும் வெவ்வேறாகிவிடும். அந்த நிலைமையில், இயக்கத்தின்

சார்பியல், வேகத்தின் சார்பியல், ஓய்வு நிலையின் சார்பியல் என்பதாய் மேலே நாம் நிலைநாட்டிய கோட்பாடுகள் இல்லா தொழிந்துவிடும்.

விசும்பின் ஈதர்

இதைக் கருத்தாய் உருவாக்கிக் கொள்வது எப்படி? ஒலி பரவுவதற்கும் ஒளி பரவுவதற்கும் இடையிலுள்ள ஒப்புமையைப் பயன்படுத்தி அந்தக் காலத்தில் பௌதிக வியலாளர்கள் ஒரு தனி வகை ஊடகத்தை அனுமானித்துக் கொண்டு அதற்கு ஈதர் என்று பெயரிட்டனர். காற்றிலே ஒலி எப்படி பரவுகிறதோ அதே போல் இந்த ஈதரில் ஒளியும் பரவுவதாய்க் கொண்டனர். மெல்லிய மரச்சிம்புகளாலான மிதவைப் பெட்டி நீரை உந்தித் தள்ளாதது போலவே, ஈதரில் செல்லும் பண்டங்களும் ஈதரை உந்தித் தள்ளுவதில்லை என்பதாய் அனுமானித்துக் கொண்டனர்.

ஈதரைச் சார்ந்து நமது ரயில் வண்டி ஓடாமல் நிற்கு மாயின், அதில் எல்லாத் திசைகளிலும் ஒளி ஒரே வேகத்தில் பரவிச் செல்லும். ஈதரைச் சார்ந்து ரயில் வண்டி ஓட முற்படுமாயின், வெவ்வேறு திசைகளிலும் ஒளியின் வேகம் வெவ்வேறுயிருப்பதைக் கொண்டு உடனே நாம் ரயில் வண்டி யின் இந்த இயக்கத்தைத் தெரிந்து கொண்டுவிடலாம்.

ஈதரின் அதிர்வை நாம் ஒளியின் வடிவத்தில் கண்ணுறு வதாய்க் கொண்டு இப்படி ஓர் ஊடகம் புகுத்தப்பட்டதைத் தொடர்ந்து குறிப்பான பல கேள்விகளும் எழுந்தன. முத லாவதாக, இந்தக் கருதுகோள் செயற்கையான முறையில் புகுத்தப்பட்டதென்பது அப்பட்டமாகவே தெரிகிறது. காற் றின் இயல்புகளை, அதில் ஒலி எப்படிப் பரவுகிறது என்பதைப் பரிசீலிப்பதன் மூலமாய் மட்டுமின்றி, பல்வேறு பௌதிக, இரசாயன ஆராய்ச்சி முறைகளின் மூலமாகவும் ஆராய்ந்து அறிய முடிகிறது. ஆனால் ஈதரானது நமக்கு விளங்காத ஏதோவொரு அதிசயக் காரணத்தால் மிகப் பெருவாரியான நிகழ்வுகளில் எவ்விதத்திலும் பங்கெடுத்துக் கொள்ளவில்லை. காற்றின் அடர்த்தியையும் அழுத்தத்தையும் நேர்த்தி யில்லாச் சர்வசாதாரண முறைகளைக் கொண்டும் எளிதில்.

அளந்து கணக்கிட முடிகிறது. ஆனால் ஈதரின் அடர்த்தியையும் அழுத்தத்தையும் பற்றி தெரிந்து கொள்வதற்கான எல்லா முயற்சிகளும் பயனற்றதாகிவிட்டன.

நிலைமை கேலிக்குரியதாகவே இருக்கிறது.

இயற்கையில் நடைபெறும் எல்லா நிகழ்வுகளுக்கும் அவையவற்றுக்கும் வேண்டிய இயல்புகளைக் கொண்ட தனி வகைத் திரவங்களை அனுமானித்துக் கொண்டு ''விளக்கம்'' கூறிவிடலாம்தான். ஆனால் ஒரு நிகழ்வைப் பற்றிய மெய்யான தத்துவத்துக்கும், யாவரும் அறிந்த உண்மைகளுக்கு விஞ்ஞானப் பதங்களைப் பிரயோகித்துக் கூறப்படும் பொழிப்புரைக்கும் என்ன வித்தியாசம் என்றால், தத்துவத்துக்கு அடிப்படையாயுள்ள உண்மைகளிலிருந்து பெறப்படுவதைக் காட்டிலும் தத்துவத்திலிருந்து மிகப் பலவும் பெறப்படுகின்றன. உதாரணமாய் அணுவைப் பற்றிய கருத்தோட்டத்தை எடுத்துக் கொள்ளலாம். இரசாயனத்தின் வாயிலாய் இது விஞ்ஞானத்தில் புகுத்தப்பட்டது. ஆனால் அணுக்களைப் பற்றிய நமது அறிவு இரசாயனத்துடன் தொடர்பில்லாத எத்தனையோ பல நிகழ்வுகளுக்கு நாம் விளக்கம் காண்பதற்கும் அவற்றை முன்னறிந்து கூறுவதற்கும் வகை செய்தது.

இசைப் பெட்டியானது ''இசைப் பெட்டி தேவதை'' அடைத்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் அதிசயப் பெட்டியாகுமென்பதாய்ப் புராதன மனிதன் நமது இசைப் பெட்டிக்கு அளித்திருக்கக் கூடிய விளக்கத்துக்கு ஒப்பானதாகவே ஈதரெனும் கருத்தைச் சொல்ல வேண்டியிருக்கிறது.

இப்படிப்பட்ட ''விளக்கங்களால்'' எதையும் விளக்க முடிவதில்லை.

ஈதரெனும் கருத்து தோன்றுவதற்கு முன்புங்கூட பௌதிகவியலாளர்களுக்கு இம்மாதிரியான பரிதாபகரமான அனுபவம் ஏற்பட்டிருந்தது. ஒரு காலத்தில் அவர்கள் எரிவு [combustion] நிகழ்வுக்கு ''பிளாகிஸ்தன்'' என்பதாய் அவர்கள் அழைத்த ஒரு தனிவகைத் திரவத்தின் இயல்புகளின் மூலமும், வெப்பத்துக்கு ''ஹீட்டரோட்'' என்றொரு திரவத்தின் இயல்புகளின் மூலமும் ''விளக்கம்'' அளித்து வந்தனர். ஈதரைப் போல் இந்தத் திரவங்களும் மாயமானவையாகவே இருந்தன.

சங்கடமான நிலைமை

ஆனால் பிரதான சங்கடம் எங்கு எதிர்படுகிறதென்றால், ஒளியின் பரவுதல் இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டை மீறுவதைத் தொடர்ந்து ஏனைய எல்லா இயக்கங்களுமே இக்கோட்பாட்டை மீறுவது தவிர்க்க முடியாததாகியிருக்க வேண்டும் என்பதில்தான்.

எந்த ஊடகமும் பண்டங்களின் இயக்கத்துக்கு எப்படியும் தடையை உண்டாக்கவே செய்கிறது. ஆகவே ஈதரில் பண்டங்களின் இடப்பெயர்ச்சியின் போதும் உராய்வு இருக்கவே வேண்டும். பண்டத்தின் இயக்கம் மெதுவாகி, முடிவில் அது நின்று போகும்படியே, அதாவது ஓய்வு நிலையை அடைந்தே ஆக வேண்டும். ஆனால் பூமியானது (புவியமைப்பியல் உண்மைகளின்படி) பல்நூறு கோடி ஆண்டுகளாய்ச் சூரியனைச் சுற்றி வந்து கொண்டிருக்கிறது என்றாலும், உராய்வினால் வேகம் குறைவதாய் எந்த அறிகுறியும் இல்லை.

ஆக, ஓடும் ரயில் வண்டியில் ஒளியின் விநோதமான தன்மைக்கு விளக்கம் கூறுவதற்காக ஈதர் என்பதாய் ஒன்று இருப்பதாய் அனுமானம் செய்த கொண்டதன் மூலம் திக்கற்ற முட்டுச் சந்தையே வந்தடைகிறோம். சார்பியல் கோட்பாட்டை ஒளி மீறுவதற்கும், ஏனைய எல்லா இயக்கங்களும் இக்கோட்பாட்டை அனுசரிப்பதற்கும் இடையிலுள்ள முரண்பாட்டை ஈதரென்னும் கற்பிதம் அகற்றிவிடவில்லை.

சோதனை மூலமே தீர்மானிக்க வேண்டும்

இந்த முரண்பாட்டை நீக்குவது எப்படி? இது குறித்து பரிசீலிக்க முற்படுமுன் அடியிற் கண்ட நிலைமையை நாம் கவனிக்க வேண்டும்.

ஒளியின் பரவுதலுக்கும் இயக்கத்தின் சார்பியலுக்கும் இடையிலான முரண்பாடு எழுந்துள்ளது எப்படி? முற்றிலும் கற்பிதமான கருத்துக் கட்டமைப்பு மூலமே இந்த முரண்பாடு எழுந்துள்ளது.

இந்தக் கருத்துக் கட்டமைப்பு மனத்துக்கு முற்றிலும் ஏற்புடையதாய் இருந்தது மெய்தான் என்பதைத் திரும்ப

வும் கூறுகிறோம். ஆயினும் தர்க்கவாத ஆய்வு முறையின் வரம்புக்குள் நம்மை இருத்திக்கொள்வோமாயின், இயற்கையின் விதிகளைத் தமது தலையிலிருந்தே வகுத்தமைக்க முயன்ற பண்டைக் காலத் தத்துவவியலாளரைப் போன்றவர்களாகிவிடுவோம். இப்படி வகுத்தமைக்கப்பட்ட உலகம் மெய்யான உலகைச் சிறிதும் ஒத்திராத ஒரு நிலையை வந்தடையும் தவிர்க்க முடியாத அபாயம் எழவே செய்யும்.

யாவற்றுக்கும், பௌதிகவியல் தத்துவம் ஒவ்வொன்றுக்கும், தலையாய தீர்ப்பாளர் சோதனையே. ஆகவே, ஓடும் ரயில் வண்டியில் ஒளி எப்படிப் பரவுகிறது என்கிற வாதங்களுக்குள் நம்மைக் கட்டுப்படுத்திக் கொண்டுவிடாமல், இந்த நிலைமைகளில் எதார்த்தத்தில் எப்படி அது பரவுகிறது என்பதைக் காட்டும் சோதனைகளில் நாம் இறங்கியாக வேண்டும்.

ஓடும் பூமியில் நாம் வசிக்கிறோம். இந்த உண்மை நமது சோதனைக்குத் துணை புரிகிறது. சூரியனைச் சுற்றி வரும் பூமி நேர் கோட்டுப் பாதையில் ஓடவில்லை. ஆகவே இந்தப் பூமி வேறு எந்தத் தொகுப்பையும் சார்ந்து நிரந்தரமான ஓய்வு நிலையில் இருக்க முடியாது.

ஜனவரி மாதத்தில் எந்தத் தொகுப்பைச் சார்ந்து பூமி ஓடாமல் நிற்கும் நிலையில் இருக்கிறதோ அந்தத் தொகுப்பை எடுத்துக் கொள்வோமாயின், ஜூலை மாதத்தில் அத் தொகுப்பைச் சார்ந்து பூமி நிச்சயம் ஓடிக் கொண்டுதான் இருக்க வேண்டும்; ஏனெனில் பூமியானது சூரியனைச் சுற்றி வரும் திசை மாறிவிடுகிறது. ஆகவே பூமியில் ஒளியின் பரவுதலை ஆராயும் நாம் உண்மையில் 30 கி. மீ/விநாடி வேகத்தில் ஓடும் ஒரு பண்டத் தொகுப்பினுள் அதை ஆராய்கிறோம். 30 கி. மீ/விநாடி வேகம் நமது நிலைமைகளில் கணிசமானதாகும். பூமி தன்னைத் தானே சுற்றிக் கொள்ளும் அச்சு வழிச் சுழற்சி விநாடிக்குச் சுமார் அரைக் கிலோமீட்டர் வேகமுடையது; கருதத்தக்கதல்லாததாய் இதை நாம் புறக்கணித்து விடலாம்.

ஆனால் மேலே நாம் விவாதித்து முட்டுச் சந்துக்குள் வந்துசேர்ந்தோமே அந்த ஓடும் ரயில் வண்டியைப் போன்றதாய் நமது பூமியைக் கருதுவது நியாயம்தானா? ரயில் வண்டி

நேர்கோட்டுப் பாதையில் சீராய் ஓடுகிறது, ஆனால் பூமியின் இயக்கம் சுழற்பாதையிலான இயக்கமாயிற்றே. எனினும் இப்படிக் கருதுவது நியாயம்தான். பார்வைத் தளங்களைக் கடந்து செல்வதற்கு ஒளிக்குத் தேவையாயிருக்கும் வினாடியில் மிகச் சொற்பமான நேரத்தில் பூமியை நாம் நேர்கோட்டுப் பாதையில் சீரான வேகத்தில் செல்வதாய்க் கருதலாம். இதிலுள்ள பிழைபாடு கண்டு கொள்ள முடியாதபடி அவ்வளவு அற்பமானது.

நமது பூமியை ஓடும் ரயில் வண்டிக்கு ஒப்பானதாய்க் கொள்கிறோமாதலால், நமது ஓடும் ரயில் வண்டியில் எப்படியோ அதே போல் பூமியிலும் ஒளி விபரீதமாய் நடந்து கொள்ளுமென, அதாவது வெவ்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறு வேகங்களில் செல்லுமென எதிர்பார்ப்பது இயற்கையே.

சார்பியல் தத்துவம் வெற்றி வாகை சூடுகிறது

19ஆம் நூற்றாண்டின் மிகப் பெரிய சோதனையாளராகிய ஆல்பர்ட் மைக்கெல்சன் 1881ல் இவ்விதச் சோதனை ஒன்றை நடத்தினார். வெவ்வேறு திசைகளிலும் ஒளி செல்லும் வேகத்தை அவர் மிக அதிகத் துல்லியத்துடன் அளந்து கணக்கிட்டார். இந்த வேகத்தில் எதிர்பார்க்கப்பட்ட மிகச் சொற்பமான வேறுபாடுகளைக் கண்டு குறிப்பிடுவதற்காக மைக்கெல்சன் மிகவும் கூரான அதியற்புதச் சோதனை ஏற்பாட்டை வகுத்தமைத்து உபயோகித்தார். எதிர் பார்க்கப்பட்ட வேக வேறுபாடுகளைக் காட்டிலும் மிகச் சிறியனவற்றையும் கண்டு கொள்ளும்படி அவருடைய சோதனை அப்படி மிக உயர்ந்த துல்லியமுடையதாய் இருந்தது.

மைக்கெல்சன் சோதனை இதன்பின் வெவ்வேறு நிலைமைகளிலும் திருப்பிச் செய்து பார்க்கப்பட்டது. ஆனால் இந்தச் சோதனையின் விளைவுகள் சிறிதும் எதிர்பாராதனவாய் இருந்தன. ஓடும் தொகுப்பினுள் நாம் ஊகித்ததற்கு முற்றிலும் மாறான விதத்தில் ஒளி பரவுகிறது என்பது தெரிய வந்தது. சுற்றி ஓடி வரும் பூமியில் ஒளி எல்லாத் திசைகளிலும் மாறாத ஒரே வேகத்தில் செல்கிறது என்பதை மைக்கெல்சன் கண்டுபிடித்தார். இந்த அம்சத்தில், ஒளியின் பரவுதல்

குண்டின் பாய்ச்சலை ஒத்ததாய் இருக்கிறது: அதாவது தொகுப்பின் இயக்கத்தைப் பொறுத்ததாய் இல்லை, அதன் வேகம் தொகுப்பின் சுவர்களைச் சார்ந்து எல்லாத் திசைகளிலும் ஒன்றாய் இருக்கிறது.

இவ்விதம் ஒளியின் பரவுதல் நாம் ஊகித்ததற்கு நேர் மாறாய், இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டுக்கு முற்றிலும் இசைவாய் இருக்கிறதே ஒழிய அதற்கு எவ்விதத்திலும் முரண்பாடாய் இருக்கவில்லை என்று மைக்கெல்சனின் சோதனை நிரூபித்தது.

இருப்புச் சட்டியிலிருந்து தப்பி எரியும் அடுப்பில் விழுந்தாற் போல

ஒளியின் பரவுதலுடைய விதிகளுக்கும் இயக்கத்தின் சார்பியல் தத்துவத்துக்கும் இடையிலான இக்கட்டான முரண்பாட்டை நீக்கிக் கொண்டுவிட்டோம். நமது தவறான தர்க்க வாத ஆய்வின் விளைவாய் எழுந்த போலியான முரண்பாடு இது. நாம் இப்படி தவறு செய்யக் காரணம் என்ன?

1881லிருந்து 1905 வரையில், ஏறத்தாழ கால் நூற்றாண்டுக்குப் பௌதிகவியலாளர்கள் இந்தப் பிரச்சினை குறித்து மண்டையை உடைத்துக் கொண்டனர். ஆயினும் அவர்கள் அளித்த விளக்கங்கள் யாவும் தத்துவத்துக்கும் நடைமுறைக்குமிடையே தவிர்க்க முடியாதபடி புதிய முரண்பாடுகளுக்கே இட்டுச் சென்றன.

மெல்லிய கம்பிகளாலான கூட்டினுள் ஒலி எழுப்பும் ஆதாரமும் பார்வையாளரும் சென்றால், காற்று வீசுவதைப் பார்வையாளர் உணர்வார். கூட்டைச் சார்ந்து ஒலியின் வேகத்தை அளந்து கணக்கிடுவோமாயின், கூட்டின் இயக்கத் திசையில் வேகம், எதிர்த் திசையில் இருப்பதைக் காட்டிலும் குறைவாய் இருக்கும். ஆனால் ஒலி எழுப்பும் ஆதாரத்தை ஒரு வண்டியினுள் வைத்து வண்டியின் எல்லாச் சன்னல்களையும் கதவுகளையும் கெட்டியாய் மூடிவிட்டு ஒலியின் வேகத்தை அளந்து கணக்கிடுவதாய் வைத்துக் கொள்வோம். வண்டியினுள் இருக்கும் காற்று வண்டியின் ஓட்டத்தால் பாதிக்கப்

படாததால், இப்பொழுது எல்லாத் திசைகளிலுமே ஒலியின் வேகம் ஒன்ருய் இருக்கக் காண்போம்.

ஒலிக்குப் பதிலாய் ஒளியை வைத்து இச்சோதனையைச் செய்வதாய்க் கொள்வோமாயின், பின்வரும் ஒரு கற்பிதத்தின் மூலம் மைக்கெல்சனின் சோதனைக்கு நாம் விளக்கம் கூறலாம். விசும்பில் விரைந்தோடும் பூமி மெல்லிய கம்பிகளாலான கூட்டைப் போல், ஈதரை அசங்கச் செய்யாமல் இருக்காது. பூமி தன்னுடன் ஈதரையும் இழுத்துச் செல்வதாகவும், சுற்றிலுமுள்ள ஈதரும் பூமியும் சேர்ந்து ஒரே அமைப்பாய் இயங்குவதாகவும் வைத்துக் கொள்ளலாம். அப்பொழுது மைக்கெல்சனின் சோதனையினுடைய விளைவுகள் புரிந்து கொள்ளக் கூடியனவாகிவிடும்.

ஆனல் இந்தக் கருதுகோள், மிகப் பல சோதனைகளின் முடிவுகளுக்கு—எடுத்துக்காட்டாய், குழாயில் ஓடும் நீரில் ஒளி பரவுதலைப் போன்ற சோதனைகளின் முடிவுகளுக்கு—விரோதமாய் இருக்கிறது. சுற்றிலுமுள்ள ஈதரைப் பூமி தன்னுடன் சேர்த்து இழுத்துச் செல்கிறது என்ற கருதுகோள் சரியானல், நீரோட்டத்தின் திசையில் ஒளியின் திசைவேகமானது, ஓடாமல் நிற்கும் நீரில் ஒளியின் திசைவேகம், நீரோட்டத்தின் திசைவேகம் ஆகிய இரண்டின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாய் இருத்தலை நாம் காண வேண்டும். ஆனல் நாம் அளந்து கணக்கிடும் ஒளி வேகம், நமது கருதுகோள் சரியானல் நமக்குக் கிடைக்க வேண்டிய விடைக்குக் குறைவாய் இருக்கக் காண்கிறோம்.

ஈதரினுள் ஓடுகையில் பண்டங்கள் உராய்வுக்கு உள்ளாவதில்லை என்ற அதிவினேத விவரத்தை ஏற்கனவே நாம் குறிப்பிட்டிருக்கிறோம். ஆனல் இந்தப் பண்டங்கள் ஈதரினூடே செல்வதோடன்றி ஈதரையும் தம்முடன் இழுத்துச் செல்லுமாயின், உராய்வு இன்னுங்கூட அதிகமாய் இருக்க வேண்டும்.

மைக்கெல்சனுடைய சோதனை எதிர்பாராத முடிவுகளைத் தெரியப்படுத்தியதைத் தொடர்ந்து எழுந்த முரண்பாடுகளைத் தீர்ப்பதற்காக மேற்கொள்ளப்பட்ட எல்லா முயற்சிகளும் இவ்வாறு தோல்வியுற்றன.

இனி தொகுத்துரைக்கலாம்.

இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாடு சாதாரண பண்டங்களின் இயக்கத்துக்கு மட்டுமின்றி, ஒளியின் பரவுதலுக்கும், ஆகவே எல்லா இயற்கை நிகழ்வுகளுக்கும் பொருந்துமென்பதை மைக்கெல்சனின் சோதனை நிலைநாட்டுகிறது.

ஏற்கனவே நாம் கண்டது போல் திசைவேகத்தின் சார்பியல் நேரடியாய் இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டிலிருந்து பெறப்படுவதாகும். ஒன்றைச் சார்ந்து ஒன்று ஓடி இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் வெவ்வேறு பண்டத் தொகுப்புகள் வெவ்வேறு வேகங்கள் கொண்டதாய் இருத்தல் வேண்டும். ஆனால் ஒளியின் வேகம் இவ்வாறின்றி, எல்லாத் தொகுப்புகளிலும் அதே 3,00,000 கி. மீ/விநாடியாகவே இருக்கிறது. ஆகவே, ஒளியின் வேகம் சார்பானதாயில்லை, சார்பிலாத் தனிமுதலாய் இருக்கிறது!

அத்தியாயம் 4

காலம் சார்பானதே

மெய்யாகவே இது ஒரு முரண்பாடா?

இங்கு நாம் எதிர்படுவது முழுக்க முழுக்க தர்க்கவாத முரண்பாடு போல முதற் பார்வைக்குத் தோன்றக் கூடும். எல்லாத் திசைகளிலும் ஒளி பரவுவதின் வேகம் மாற்றமின்றி ஒரே நிலையாய் இருப்பதானது, சார்பியல் கோட்பாட்டுக்கு நல்ல நிரூபணமாய் இருக்கிறது. அதேபோது ஒளியின் இந்த வேகம் மட்டும் சர்பிலாத் தனிமுதலாகிவிடுகிறது.

பூமி உருண்டையானது என்பதை எதிர்நோக்கிய மத்தியகால மனிதன் செய்ததை இங்கு நாம் நினைவு கூர்தல் வேண்டும். பூமி உருண்டையானது என்ற உண்மைக்கும் புவி ஈர்ப்பு விசைக்கும் முரண்பாடு இருப்பதாய் அவன் நினைத்தான். புவிப் பரப்பிலிருந்து பண்டங்கள் உருண்டு''கீழே விழுந்துவிடும்'' என்று எண்ணினான். ஆனால் இங்கு தர்க்கவாத முரண்பாடு எதுவுமில்லை என்பது நமக்குத் தெட்டத் தெளிவாய் விளங்குகிறது. ''மேலே'', ''கீழே'' என்பவை சார்பான கருத்துகள், சார்பிலாத் தனிமுதலானவை அல்ல என்பது நமக்குத் தெரியும்.

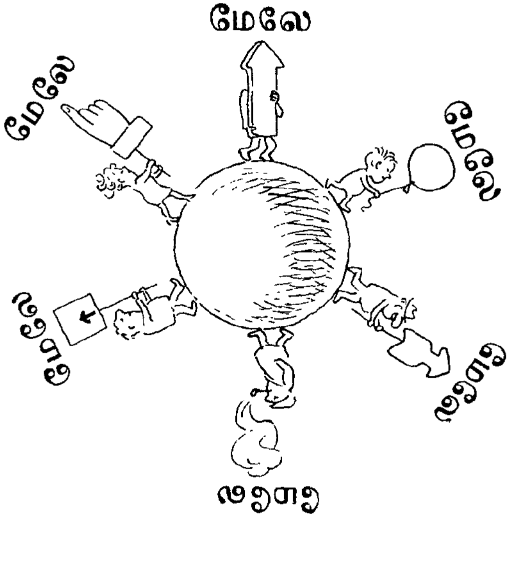
ஒளி பரவுதல் குறித்தும் உண்மை இதுவேதான்.

இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டுக்கும் ஒளியினுடைய வேகத்தின் சார்பிலாத் தனிமுதல் தன்மைக்கும் இடையே தர்க்கவாத முரண்பாட்டைத் தேடிப் பயனில்லை. இங்கு நாம் பிற கருதுகோள்களைப் புகுத்தும் போதுதான் முரண்பாடு தோன்றுகிறது. மத்திய காலத்தில் ''மேலே'', ''கீழே'' என்பவற்றைச் சார்பிலாத் தனிமுதல் கருத்துகளாய்க் கொண்டு, பூமி உருண்டையானது என்பதை மறுத்தவர்கள்

செய்தது போல நாம் பிற கருதுகோள்களைப் புகுத்தும் போதுதான், முரண்பாடு தோன்றுகிறது. மத்தியகால மனிதர்களது இந்த அசட்டு நம்பிக்கை போதிய அனுபவமில்லாத நிலைமையிலிருந்து எழுந்தது: அக்காலத்து மக்கள் அதிகத் தொலைவுகளுக்குப் பயணம் சென்று அறியாதவர்கள், புவிப் பரப்பில் சிறு பகுதிகளுக்கு மேல் தெரியாதிருந்தவர்கள். இதையொத்த ஒன்றே நமக்கு நேர்ந்திருக்கிறது: போதிய அனுபவம் இல்லாத நிலைமை நம்மை, சார்பான ஒன்றை சார்பிலாத் தனிமுதலானதாய் நம்ப வைத்துவிட்டது.

அது என்ன?

எங்கே நாம் பிழை செய்தோம் என்பதை அறியும் பொருட்டு இனி நாம் சோதனையின் அடிப்படையிலான நிர்ணயிப்பைத் தவிர வேறு எதையும் உண்மையாய் ஏற்காமல் பரிசீலனை செய்து பார்ப்போம்.



ரயில் வண்டியில் செல்வோம்

54,00,000 கி. மீ நீளமுள்ள ரயில்வண்டி நேர்கோட்டுப் பாதையில் *2,40,000* கி. மீ/விஞடி சீரான வேகத்தில் செல்வதாய்க் கற்பனை செய்து கொள்வோம்.

ரயில் வண்டியின் நடுப் பகுதியில் ஒரு மின் விளக்கு குறிப்பிட்ட ஒரு கணத்தில் எரியவிடப்படுவதாய்க் கொள்வோம். வண்டியின் முதல் பெட்டியிலும் கடைசிப் பெட்டியிலுமுள்ள தானியங்கிக் கதவுகள் மின்விளக்கின் ஒளி தம்மை வந்தடையும் அதே நொடியில் திறந்து கொள்வதாய் வைத்துக் கொள்வோம். ரயில் வண்டியின் நடுப் பகுதியில் இருப்போருக்கும், ரயில் நிலையத்தில் பிளாட்பாரத்தில் நிற்போருக்கும் இது எப்படி தெரியும்?

ஒத்துக் கொண்டது போல முற்றிலும் சோதனை வழியில் கிடைக்கும் விவரங்களை மட்டுமே ஆதாரமாய்க் கொண்டு இந்தக் கேள்விக்கு விடை அளிப்போம்.

ரயில் வண்டியின் நடுப் பகுதியில் செல்வோர் காணக் கூடியதாவது: மைக்கெல்சனின் சோதனையின்படி ரயில் வண்டியைச் சார்ந்து ஒளியானது எல்லாத் திசைகளிலும் ஒரே வேகத்தில்—*3,00,000* கி. மீ/விஞடி வேகத்தில்—செல்லுமாதலால், முதல் பெட்டிக்கும் கடைசிப் பெட்டிக்கும் அது ஏக காலத்தில்—9 விஞடியில்(*27,00,000:3,00,000*)—போய்ச் சேரும், ஆகவே இரு கதவுகளும் ஏக காலத்தில் திறந்து கொள்ளும்.

ரயில் நிலையப் பிளாட்பாரத்தைச் சார்ந்தும் ஒளி *3,00,000* கி. மீ/ விஞடி வேகத்தில்தான் செல்கிறது. ஆனல் கடைசிப் பெட்டியானது ஒளிக் கற்றையை நோக்கி ஓடி வந்து அதைச் சந்திக்கிறது. ஆகவே ஒளிக் கற்றை கடைசிப் பெட்டியை $\frac{27,00,000}{3,00,000+2,40,000}=5$ விஞடியில் வந்தடையும். விலகியோடும் முதல் பெட்டியை ஒளிக் கற்றை விரட்டிச் சென்று எட்டிப் பிடித்தாகவேண்டும். ஆகவே முதல் பெட்டியை அது $\frac{27,00,000}{3,00,000-2,40,000}=45$ விஞடியில் வந்தடையும்.

பிளாட்பாரத்தில் நிற்போருக்கு இரு கதவுகளும் வெவ்வேறு நேரங்களில்—கடைசிப் பெட்டியிலுள்ள கதவு

முதலிலும் முதல் பெட்டியிலுள்ள கதவு 45—5=40 விஞடிக்குப் பிற்பாடும்—திறந்து கொள்வதாய்த் தெரியும்.*

ரயில் வண்டியில் முன் கதவும் பின் கதவும் திறந்து கொள்ளும் இந்த முழுதொத்த இரு நிகழ்ச்சிகள், ரயில் வண்டியில் இருப்போருக்கு ஏக காலத்தில் நடைபெறுகின்றன, ஆனுல் பிளாட்பாரத்தில் நிற்போருக்கு 40 விஞடி இடைவெளி விட்டு நடைபெறுகின்றன.

அன்ருட அறிவுக்கு முரணனதா?

இதில் முரண்பாடு இருக்கிறதா? நாம் கண்டறிந்து கொண்ட இந்த உண்மை, முதலையைத் தலையிலிருந்து வாலை நோக்கி அளக்கையில், இரண்டு மீட்டர் நீளமும், வாலிலிருந்து தலையை நோக்கி அளக்கையில் ஒரு மீட்டர் நீளமும் இருப்பதாய்ச் சொன்னுல் எப்படியோ, அப்படி அபத்தமான ஒன்ருய் இருக்குமோ?

சோதனைகளால் மெய்தான் என்று உறுதி செய்யப் பட்ட போதிலும், நமக்குக் கிடைத்திருக்கும் இந்த முடிவு அபத்தமாய்த் தோன்ற என்ன காரணமென்று பரிசீலித்துப் பார்ப்போம்.

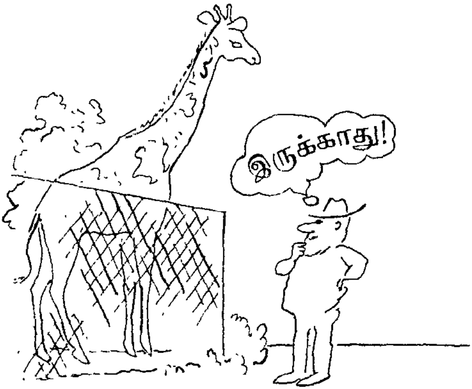
எவ்வளவுதான் சிந்தனை செய்து பார்த்தாலும், ரயில் வண்டியில் இருப்போருக்கு ஏக காலத்தில் நடைபெற்ற இரு நிகழ்வுகள் பிளாட்பாரத்தில் நிற்போருக்கு 40 விஞடி இடைவெளி விட்டு நடைபெற்றன என்கிற இந்த உண்மையில் தர்க்கவாத முரண்பாடு எதையும் நம்மால் காண முடியாது.

நாம் வந்தடைந்திருக்கும் முடிவுகள் ''அன்ருட அறிவுக்கு'' அநியாயமாய் முரண்படுவதாய் இருக்கின்றன—நமக்கு மனச் சாந்தி அளிக்கும் வகையில் நாம் சொல்லிக் கொள்வதற்கு இதையன்றி வேறு ஒன்றுமே இல்லை.

ஆனுல், பூமி சூரியனைச் சுற்றுகிறது என்பது தெரிந்த போது மத்திய காலத்தவரின் ''அன்ருட அறிவு'' எப்படிக்

---

* பிற்பாடு இப்பிரச்சினை மேலும் கருரான முறையில் பரிசீலிக்கப்படும் (பார்க்கவும் பக்கங்கள் 66-67)



கோபக் கூச்சல் எழுப்பிக் கலகம் புரிந்ததென்பதை இங்கு நினைவு கூர்வோமாக. பூமி அசையாமல் நிற்க சூரியன் அதைச் சுற்றி வந்ததென்றுதானே மத்திய காலத்தவர்களின் அனுபவம் சந்தேகத்துக்கு இடமின்றி அவர்களுக்கு அறிவித்து வந்தது? பூமி உருண்டையாய் இருக்க முடியாதென்று சொல்லி, நகைக்கத்தக்க நிரூபணமும் அளித்தார்களே, அதற்கும் ''ஆதாரம்'' இந்த ''அன்றாட அறிவு'' அல்லவா? எதார்த்த உண்மையை எதிர்த்து இந்த ''அன்றாட அறிவு'' நடத்தும் போரைக் கேலி செய்யும் பிரபல நகைச்சுவைத் துணுக்கு ஒன்று உண்டு: விலங்கினக் காட்சிசாலையில் ஒட்டைச்சிவிங்கியைப் பார்த்த பசு மேய்ப்பாளன் ''இப்படி ஒரு பிராணி இருக்காது!'' என்று கூவினனும்.

''அன்றாட அறிவு'' எனப்படுவது, அன்றாட வாழ்வில் உருவான கருத்துகள், பழக்கங்களின் பொழிப்புரையாய் அமைந்தே அன்றி வேறு என்ன?

நமது அனுபவத்தின் வரம்புக்கு உட்பட்டதைப் பிரதிபலிக்கும் உய்த்துணர்வின் நிலையையே அது குறிக்கிறது.

ரயில் வண்டியில் ஏக காலத்தில் நடைபெறும் இரு நிகழ்ச்சிகள் பிளாட்பாரத்திலிருந்து நோக்குகையில் 40

விநாடி இடைவெளி விட்டு 'நடைபெறுவதைப் புரிந்து கொள்வதிலும் அங்கீகரிப்பதிலுமுள்ள சங்கடம் ஒட்டைச் சிவிங்கியைப் பார்த்த போது பசு மேய்ப்பாளனுக்கு உண்டான சங்கடத்தைப் போன்றதுதான். பசு மேய்ப்பாளன் இதற்கு முன்பு ஒட்டைச்சிவிங்கியைப் பார்த்தறியாதவன், அதே போல நம்புதற்கரிய 2,40,000 கி. மீ/விநாடி வேகத்துக்கு அருகாமையிலான வேகங்களில் நாம் பயணம் புரிந்து அறியாதவர்கள். ஆனால் பௌதிகவியலாளர்கள் நமது அன்றாட வாழ்வில் நாம் பழக்கப்பட்டிருக்கும் அனுபவங்களிலிருந்து வெகுவாய் வேறுபடும் நிகழ்வுகளைக் கண்டறிவதால், இவர்கள் இம்மாதிரியான நம்புதற்கரிய வேகங்களை எதிர்நோக்க நேர்வதில் வியப்பில்லை.

மைக்கெல்சனின் சோதனையால் விளைந்த எதிர்பாராத முடிவானது பௌதிகவியலாளர்களுக்குப் புதிய உண்மைகளை வழங்கி, இரு நிகழ்ச்சிகளின் உடனிகழ்வு [simultaneity] போன்ற யாவரும் நன்கறிந்த சர்வசாதாரணமானவையாய்த் தோன்றுவனவற்றை—''அன்றாட அறிவுக்குப்'' பணிய மறுத்து—மறுபரிசீலனை செய்யுமாறு அவர்களைப் பலவந்தம் செய்தன.

''அன்றாட அறிவை'' ஆதாரமாய்க் காட்டி இந்தப் புதிய நிகழ்வுகளை மறுத்துப் புறக்கணிப்பது மிகவும் எளிதாகவே இருந்திருக்கும். ஆனால் அப்படிச் செய்வோமாயின், ஒட்டைச்சிவிங்கியைக் கண்ணுற்ற போது தன் கண்களையே நம்ப மறுத்த பசு மேய்ப்பாளனை ஒத்தவர்களாகவே நாம் ஆக வேண்டியிருக்கும்.

விசும்புக்கு நேர்ந்த கதியே காலத்துக்கும் நேர்கிறது

''அன்றாட அறிவு'' எனப்படுவதுடன் முட்டி மோதிக் கொள்ள விஞ்ஞானம் தயங்குவதில்லை. நடப்பிலுள்ள கருத்தோட்டங்களுக்கும் சோதனைகளின் வாயிலாய்த் தெரிய வரும் புதிய விவரங்களுக்கும் இடையே ஒவ்வாமை ஏற்படுவதைத்தான் விஞ்ஞானம் யாவற்றிலும் அதிகமாய்ப் பயப்பட வேண்டியதாய்க் கருதுகிறது. இப்படிப்பட்ட ஒவ்வாத

நிலை ஏற்படும் போது விஞ்ஞானமானது நடப்பிலுள்ள கருத் தோட்டங்களைத் தகர்த்தெறிந்துவிட்டு நமது அறிவைப் புதிய உயர் நிலைக்கு உயர்த்திச் செல்கிறது.

உடனிகழ்வான [simultaneous] இரு நிகழ்ச்சிகள் எந்தத் தொகுப்பிலும் உடனிகழ்வனவாகவே இருக்குமென நாம் நினைத்து வந்தோம். ஆனால் நம்முடைய சோதனை, இப்படி நாம் நினைத்தது தவறென்பதை நிரூபித்தது. ஒன்றைச் சார்ந்து ஒன்று ஓய்வு நிலையில் இருக்கும் தொகுப்புகளுக்கு மட்டுமே நம்முடைய இந்த நினைப்பு பொருந்துவதாகும். இதற்குப் பதில் ஒன்றைச் சார்ந்து ஒன்று இயக்க நிலையிலுள்ள இரு தொகுப்புகளாய் இருப்பின், ஒன்றில் ஏக காலத்தில் நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகள் இன்னொன்றில் வெவ்வேறு காலங் களில் நிகழ்வனவாய்க் கருதப்பட வேண்டியிருக்கும். உடன் நிகழ்வு என்னும் கருத்து சார்பானதாகிவிடுகிறது; நிகழ்ச்சிகள் பார்வையிடப்படும் தொகுப்பின் இயக்கத்தை நாம் குறிக்கும் போது மட்டுமே இக்கருத்து பொருளுடையதாகிறது.

பக்கம் 12ல் கோணத் தொலைவுகளின் சார்பியலுக்கு எடுத்துக்காட்டாய்க் கூறப்பட்ட உதாரணத்தை நினைவு கூர் வோமாக. பூமியிலிருந்து பார்வையிடப்படும் இரு விண்மீன் களுக்கு இடையிலுள்ள கோணத் தொலைவு சுன்னமாய் இருப் பதாய்க் கொள்வோம்; இரு விண்மீன்களும் இணைப்பொருமை யில் [alignment] இருக்குமாயின் அவற்றினிடையிலான கோணத் தொலைவு சுன்னமாகிவிடும். இது சார்பிலா முழுமுதல் உண்மையாகும் என்னும் இந்தக் கருதுகோளுடன் நமது அன்றாட வாழ்வில் நாம் ஒருபோதும மோத நேர்வதில்லை. ஆனால் சூரிய மண்டலத்துக்கு வெளியே சென்று விசும்பில் வேறொரு இடத்திலிருந்து இதே இரு விண்மீன்களைப் பார்வை யிடுகையில் நிலைமை மாறிவிடுகிறது. அப்பொழுது நாம் இந்த கோணத் தொலைவு சுன்னமாய் இராது வேறொன்றாய் இருக்கக் காண்போம்.

பூமியிலிருந்து பார்வையிடுகையில் இணைப்பொருமை யில் இருக்கும் இரு விண்மீன்கள் விசும்பில் பிற இடங் களிலிருந்து பார்வையிடுகையில் இணைப்பொருமையில் இல் லாமற் போகலாம் என்பது இக்காலத்தவர்களாகிய நமக்குத் தெட்டத் தெளிவான ஓர் உண்மையாய்த் தோன்றுகிறது,

ஆனால் வானத்தை விண்மீன்கள் சிதறியமைந்த வில்மாடமாய்க் கருதிய மத்திய காலத்தோருக்கு இது அபத்தமாய்த் தோன்றியிருக்கும்.

எல்லா வகையான தொகுப்புகளையும் கருதாமல் ஒதுக்கிவிட்டு, எதார்த்தத்தில் இவ்விரு நிகழ்ச்சிகளும் உடனிகழ்ந்தனவா, இல்லையா என்று கூறும்படி நாம் கேட்கப்படுவதாய்க் கொள்வோம். துரதிர்ஷ்டவசமாய் இது அர்த்தமற்ற கேள்வி; எங்கிருந்து பார்வையிடுகிறோம் என்பதைக் கருதாமலே இரு விண்மீன்கள் எதார்த்தத்தில் இணைப்பொருமை கொண்டவையா, இல்லையா என்று கேட்பது எப்படியோ அதே போல இதுவும் பொருளற்றதே ஆகும். உண்மை என்னவென்றால், எப்படி இரு விண்மீன்களின் இணைப்பொருமை அவற்றின் இடநிலையை மட்டுமின்றி எவ்விடத்திலிருந்து அவற்றைப் பார்வையிடுகிறோம் என்பதையும் பொறுத்ததாய் இருக்கிறதோ, அதே போல இரு நிகழ்ச்சிகளின் உடனிகழ்வு அவ்விரு நிகழ்ச்சிகளை மட்டுமின்றி அவற்றை எந்தத் தொகுப்பிலிருந்து பார்வையிடுகிறோம் என்பதையும் பொறுத்ததாய் இருக்கிறது.

ஒளியின் திசைவேகத்துடன் ஒப்பிடுகையில் அற்பமான வேகங்களையே மனிதன் எதிர்நோக்கி வந்த வரை, உடனிகழ்வெனும் கருத்தின் சார்பியல் அவனுக்குத் தெரியாத ஒன்றாய் இருந்தது. ஒளியின் திசைவேகத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க வேகங்களிலான இயக்கத்தை நாம் ஆராய முற்பட்டதும்தான் உடனிகழ்வு பற்றிய நமது கருத்தோட்டத்தை மறுபரிசீலனை செய்யும்படியான நிர்ப்பந்தம் நமக்கு ஏற்பட்டது.

அதே போல்தான், பூமியின் பரிமாணங்களுடன் ஒப்பிடத்தக்க தொலைவுகளுக்குப் பயணம் செய்ய முற்பட்டதும் மக்கள் ''மேலே'', ''கீழே''என்பவை பற்றிய தமது கருத்தோட்டத்தைத் திருத்திக் கொள்ள வேண்டியதாயிற்று. இதற்கு முன்பு பூமி தட்டையானதென்ற கருத்தோட்டம் அனுபவத்துக்குப் புறம்பானதாய் இருக்கவில்லை.

ஒளியின் வேகத்துக்குச் சிறிதளவேனும் அருகாமையில் வரும் வேகங்களில் நம்மால் பயணம் புரிய முடியவில்லை என்பதும், நமது பழைய கருத்துகளின் நிலையிலிருந்து பார்க்கையில் ஒவ்வாதனவாய் இருக்கும், மேலே நாம் விவாதித்த

எல்லா உண்மைகளையும் இந்த வேகங்களில் பயணம் செய்து பார்வையிட முடியவில்லை என்பதும் மெய்தான். ஆனால் தற்கால சோதனைகளது வினைநுட்பங்களின் துணை கொண்டு பௌதிக நிகழ்வுகள் பலவற்றிலும் இந்த உண்மைகளைச் சந்தேகத்துக்கு இடமின்றி நம்மால் புலப்படுத்த முடிகிறது.

விசும்புக்கு நேர்ந்த கதியே, இவ்வாறு காலத்துக்கும் நேர்கிறது! ''மாறுத ஒரே இடம்'' என்கிற தொடர் எப்படியோ அதே போல் ''மாறுத ஒரே நேரம்'' என்கிற தொடரும் அர்த்தமற்றதாய் இருப்பது தெரிய வருகிறது.

இரு நிகழ்ச்சிகளுக்கு இடையிலான நேர இடைவெளி, அவற்றுக்கு இடையிலான தொலைவு எப்படியோ அதே போல, எதைச் சார்ந்து அது நிர்ணயிக்கப்பட்டிருக்கிறதோ அந்தத் தொகுப்பைப் பற்றிய குறிப்பும் சேர்க்கப்பட்டு நிறைவுடையதாக்கப்பட வேண்டியிருக்கிறது.

விஞ்ஞானத்தின் வெற்றி

காலம் சார்பானதென்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டதும் இயற்கை பற்றிய மனிதனது கருத்துகள் அடியோடு மாற்றமடைந்தன: பல நூறு ஆண்டுகளாய் நிலவி வந்துள்ள பின்தங்கிய கருத்தோட்டங்களின் மீது மனித அறிவாற்றல் கண்ட மிகப் பெரிய வெற்றிகளில் ஒன்றைக் குறிக்கும் கண்டுபிடிப்பு இது. பூமி உருண்டையானது என்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டதும் மனிதனது கருத்தோட்டங்களில் ஏற்பட்ட புரட்சிகரமான மாறுதலுடன்தான் இந்த மாற்றத்தை ஒப்பிட வேண்டும்.

காலத்தின் சார்பியலானது 1905ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதைக் கண்டுபிடித்தவர் ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டைன் (1880-1955). அப்பொழுது 25 வயது இளைஞராய் இருந்த அவரை இந்தக் கண்டுபிடிப்பு மானுட சிந்தனையின் மாமேதைகளாகிய காப்பர்னிக்கஸ், நியூட்டன் போன்ற விஞ்ஞான அறிவொளியாளர்களது வரிசையில் இடம் பெறச் செய்தது.

ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டைனை ''இயற்கை விஞ்ஞானத்தை உருமாறச் செய்த மாமனிதருள்'' ஒருவரென லெனின் குறிப்பிட்டார்.

காலத்தின் சார்பியல் தத்துவமும் அதன் கிளை முடிவுகளும் வழக்கமாய் சார்பியல் சிறப்புத் தத்துவம் என்றழைக்கப்படுகின்றன. இதை இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டுடன் குழப்பிக் கொள்ளக் கூடாது.

வேகத்துக்கு வரம்பு உண்டு

இரண்டாம் உலக யுத்தத்துக்கு முன்பு விமானத்தின் வேகம் ஒலியின் வேகத்துக்கு மிகக் குறைவாகவே இருந்தது. இன்று நம்மிடம் மீயொலி விமானங்கள் உள்ளன. ரேடியோ அலைகள் ஒளியின் வேகத்தில் பரவுகின்றன. ''மீயொளித்'' தந்தி முறையை அமைத்து ஒளியின் வேகத்துக்கும் கூடுதலான வேகங்களில் நம்மால் செய்திகள் அனுப்ப முடியாதா? அது முடியாத காரியம்.

வரம்பிலா வேகங்களில் நம்மால் செய்திகள் அனுப்ப முடிந்தால் எந்த இரு நிகழ்ச்சிகளின் உடனிகழ்வைப் பரியாய வழியில் நாம் நிலைநாட்டிவிடலாம். முதலாவது நிகழ்ச்சியைப் பற்றிய வரம்பிலா வேகத்திலான குறித்தகவல் இரண்டாவது நிகழ்ச்சி பற்றிய குறித்தகவல் வரும் அதே நொடியில் வருமாயின் இவ்விரு நிகழ்ச்சிகளும் உடனிகழ்ந்தவை என்பதாய் நாம் சொல்லிவிடலாம். இவ்விதம் இரு நிகழ்ச்சிகளின் உடனிகழ்வு, இது எங்கிருந்து பார்வையிடப்பட்டதோ அந்தத் தொகுப்பின் இயக்கத்தைப் பொறுத்திராமல் சார்பிலாத் தனிமுதல் தன்மையதாகிவிடும்.

ஆனால் காலமானது சார்பிலாத் தனிமுதல் தன்மையது என்பதைச் சோதனை நிராகரிப்பதால், குறிச்செய்தி நேரச் செலவின்றி நொடியில் பரப்பப்படக் கூடியதல்ல என்று முடிவு கட்டுகிறோம். விசும்பில் ஓரிடத்திலிருந்து இன்னொன்றுக்குக் குறிச்செய்தி பரப்பப்படுதல் வரம்பிலா வேகத்தில் நடைபெற முடியாது, வேறு விதமாய்ச் சொல்வதெனில், வரம்பு வேகம் [limiting speed] எனப்படும் வரம்புக்குட்பட்ட ஒரு வேகத்துக்குக் கூடுதலாய் இருக்க முடியாது இது.

இந்த வரம்பு வேகம் ஒளியின் வேகத்துடன் ஒருங்கிணைகிறது.

இயக்கத்தின் சார்பியல் கோட்பாட்டின்படி ஒன்றைச் சார்ந்து ஒன்று (நேர்கோட்டுப் பாதையிலான சீரான வேகத்தில்) இயக்கு நிலையிலுள்ள எல்லாத் தொகுப்புகளிலும் இயற்கை விதிகள் ஒரே மாதிரியாய் இருக்கும். எந்த வேகமும் குறிப்பிட்ட வரம்புக்குக் கூடுதலாகிவிட முடியாது என்பதும் இயற்கை விதியே ஆகுமாதலால், வரம்பு வேகத்தின் மதிப்பு வெவ்வேறு தொகுப்புகளிலும் ஒன்றாகவே இருத்தல் வேண்டும். ஒளியின் வேகம் இதே இயல்புகளைப் பெற்றிருப்பதை நாம் அறிவோம். ஆகவே ஒளியின் வேகம் ஓர் இயற்கை நிகழ்வு பரவுதலின் வேகம் மட்டுமாய் இருக்கவில்லை, வரம்புத் திசைவேகமாய் இருக்கும் முக்கிய பாத்திரத்தையும் அது ஆற்றுகிறது.

REFERENC

பிரபஞ்சத்தில் வரம்பு வேகம் ஒன்று இருக்கிறதென்ற இந்தக் கண்டுபிடிப்பு மானுட அறிவாற்றலும் மனித குலத்தின் சோதனை ஆய்வுத் திறனும் கண்ட மிகப் பெரிய வெற்றிகளில் ஒன்றாகும்.

வரம்பு வேகம் ஒன்று உண்டென்பதையும், இப்படி ஒன்று இருப்பதை நிரூபிக்க முடியுமென்பதையும் 19ஆம் நூற்றாண்டுப் பௌதிகவியலாளர்களால் கண்டறிந்து கொள்ள முடியவில்லை. அதோடு இப்படி ஒன்று இருப்பதைத் தமது சோதனைகள் மூலம் தற்செயலாய் அவர்கள் காண நேர்ந்திருப்பினும், இது இயற்கை விதியாகுமே அன்றி தமது சோதனை ஆய்வுத் திறனின் பற்றாக்குறையால் நேர்ந்த விளைவல்ல என்று அவர்களால் திடமாய் முடிவு கட்ட முடிந்திருக்காது.

வரம்பு வேகம் ஒன்று இருப்பதானது எதார்த்த உலகின் தன்மையிலிருந்தே எழுவதாகும் என்பதைச் சார்பியல் கோட்பாடு புலப்படுத்துகிறது. புவிப்பரப்பில் 20 ஆயிரம் கிலோமீட்டருக்கும் அப்பால் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று விலகி அமைந்த இரு புள்ளிகள் இல்லாததானது நமது அறிவின் பற்றாக்குறையினால் உண்டாகும் விளைவேயன்றி புவியியல் விதியல்ல என்றும், புவியியல் அறிவு மேலும் முன்னேறிச் செல்கையில் இன்னும் அதிக தொலைவில் விலகி அமைந்த புள்ளிகளைப் புவிப்பரப்பில் நாம் காணப் போகும் காலம் ஒன்று வருமென நினைப்பது எவ்வளவு நகைப்புக்குரிய

தாகுமோ, அதே அளவுக்கு நகைப்புக்குரியதே ஆகும், தொழில் நுட்ப வளர்ச்சியின் விளைவாய் ஒளி வேகத்துக்கும் கூடுதலான வேகங்களை நாம் அடைய முடியுமென நினைப்பது.

ஒளியின் வேகம் எதனுடைய பரவுதலுக்குமான வரம்பு வேகமாய் அமைவதால்தான் அது இயற்கையில் இப்படித் தனிச்சிறப்புக்குரிய பாத்திரம் வகிக்கிறது. ஒளியானது ஏனைய எல்லா நிகழ்வுகளையும் தாண்டிக் கொண்டு முதலில் வந்து விடுகிறது, இல்லையேல், அவற்றுடன் ஏக காலத்திலேனும் வந்து சேர்கிறது.

சூரியன் இரண்டாய்ப் பிளந்து இரு விண்மீன்களாகி விடுமாயின், பூமியின் இயக்கமும் இயற்கையாகவே மாற்றமடையவே செய்யும்.

இயற்கையில் வரம்பு வேகம் உண்டென்பதை அறியாதிருந்த 19ஆம் நூற்றுண்டுப் பௌதிகவியலாளர் சூரியன் இரண்டாய்ப் பிளந்ததும் அதே நொடியில் பூமியும் தனது இயக்கத்தை மாற்றிக் கொண்டுவிடும் என்றே முடிவு செய்வார். ஆனுல் பிளவுண்ட சூரியனிடமிருந்து பூமிக்கு வந்து சேர ஒளிக்கு முழுதாய் எட்டு நிமிடம் வேண்டியிருக்கும்.

சூரியன் பிளவுண்டு எட்டு நிமிடமான பிறகே பூமியின் இயக்கத்தில் மாற்றம் ஏற்படும். அது வரை சூரியன் பிளந்து போகாமல் இருப்பது போல்தான் எப்பொழுதும் போல தொடர்ந்து பூமி சுற்றிக் கொண்டிருக்கும். சூரியனுக்கு அல்லது சூரியனில் ஏற்படும் எதுவும் எட்டு நிமிடமாகுமுன் பூமியையோ பூமியின் இயக்கத்தையோ பாதிக்காது.

குறிச்செய்தி பரவுதலுக்குள்ள வரம்பு வேகம் இரண்டு நிகழ்ச்சிகளின் உடனிகழ்வை நிர்ணயிப்பதற்கான வாய்ப்பை நமக்கு இல்லாதபடிச் செய்துவிடவில்லை. குறிச்செய்தி வந்து சேர்வதற்கு ஆகும் நேரத்தைக் கணக்கிலெடுத்துக் கொண்டால் போதும், நாம் இதை நிர்ணயித்துவிடலாம். இதுதான் வழக்கமாய் நாம் கையாளும் நடைமுறை.

நிகழ்ச்சிகளின் உடனிகழ்வை நிர்ணயிப்பதற்கான இந்த முறை இக்கருத்தின் சார்பியலுக்கு முற்றிலும் இசைவானதே. நேர வேறுபாட்டைக் கழித்துக் கொள்வதற்காக, நிகழ்ச்சிகள் நடைபெற்ற இரு இடங்களுக்கும் இடையிலான தொலைவை ஒளிக் குறிச்செய்தியின் வேகத்தால் வகுக்க

வேண்டும். மாஸ்கோ - விளாதிவஸ்தோக் விரைவு ரயில் வண்டியிலிருந்து கடிதங்கள் எழுதியனுப்பப்பட்டது குறித்து முன்பு நாம் விவாதித்த போது விசும்பில் ஒரு புள்ளியின் இடநிலையுங்கூட சார்பானதே என்பதைக் கண்டோம்.

முன்னதாகவா, பின்னதாகவா?

நமது மின்விளக்கு ரயில் வண்டியில் — இதை ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியென அழைக்கலாம்—தானியங்கிப் பொறியமைவு தவறிழைத்துவிட்டதாகவும், ரயில் வண்டியில் இருப்போர் பின் கதவுக்கு 15 விநாடி முன்னதாய் முன் கதவு திறந்து கொள்வதைக் காண்பதாகவும் வைத்துக் கொள்வோம். அப்பொழுது பிளாட்பாரத்தில் நிற்போர் முன் கதவுக்கு 40—15=25 விநாடி முன்னதாய்ப் பின் கதவு திறந்த கொள்ளக் காண்பார்கள். ஒரு தொகுப்பில் முன்னதாய் நடைபெற்ற நிகழ்ச்சி இன்னொரு தொகுப்பில் பின்னதாய் நடைபெறுவதாகிவிடுகிறது.

''முன்னதாக'', ''பின்னதாக'' என்னும் கருத்துகளின் இந்தச் சார்பியலுக்கு வரம்புகள் இருக்க வேண்டுமென்பது தெரிகிறது. எந்தத் தொகுப்பின் நோக்கு நிலையிலிருந்தும் குழந்தையானது அதன் தாய்க்கு முன்னதாய்ப் பிறப்பது சாத்தியமல்லவே.

சூரியனில் ஒரு புள்ளி தோன்றுவதாய்க் கொள்வோம். தொலைநோக்கி மூலம் சூரியனைப் பார்த்துக் கொண்டிருக்கும் வானியலாளர் எட்டு நிமிடத்துக்குப் பிறகு இதைக் காண்பார். இதன்பின் வானியலாளர் செய்யும் எதுவும் தனிமுதலான பொருளில், புள்ளி தோன்றுவதற்குப் பின்னதாய்ச் செய்யப்படுவதாகிவிடும், அதாவது சூரியனும் வானியலாளரும் பார்வையிடப்படும் எந்தத் தொகுப்பின் நோக்குநிலையிலிருந்தும் ''பின்னதாய்ச்'' செய்யப்பட்டதாகவே இருக்கும். புள்ளி தோன்றுவதற்கு எட்டு நிமிடம் முன்னதாய் வானியலாளருக்கு நிகழும் எதுவும் (இந்த நிகழ்ச்சியின் ஒளிக் குறிச்செய்தி புள்ளி தோன்றுவதற்கு முன்னதாகவே சூரியனில் தெரிந்துவிடும்) தனிமுதலான பொருளில் முன்னதாய் நடைபெற்றதாகும்.

இந்த இரு வரம்புகளுக்கும் இடையில் ஏதேனும் ஒரு கணத்தில் வானியலாளர் மூக்குக் கண்ணாடியை எடுத்துப் போட்டுக் கொள்வதாய் வைத்துக் கொண்டால், புள்ளி தோன்றியதற்கும் மூக்குக் கண்ணாடி போட்டுக் கொள்ளப் பட்டதற்கும் இடையிலான காலச் சார்புறவு [time relation] தனிமுதலான ஒன்றாய் இருக்க முடியாது.

வானியலாளரையும் சூரியனில் தோன்றும் புள்ளியை யும் சார்ந்து தக்கபடி நாம் விலகிச் செல்வோமாயின், நமது இயக்கத்தின் வேகத்துக்கும் திசைக்கும் ஏற்ப, புள்ளி தோன்று வதற்கு முன்னதாகவோ, பின்னதாகவோ, அல்லது அதனுடன் ஏக காலத்திலோ, வானியலாளர் மூக்குக்கண்ணாடியைப் போட்டுக் கொள்வதை நாம் காண முடியும்.

இவ்விதம், நிகழ்ச்சிகள் பார்வையிடப்படும் தொகுப் புக்கு ஏற்ப, நிகழ்ச்சிகளிடையே—தனிமுதலாய் முன்ன தானவை, தனிமுதலாய்ப் பின்னதானவை, முன்னதோ பின்னதோ அல்லாதவை, அல்லது கருராய்ச் சொல்வதெனில் முன்னதோ பின்னதோ ஆனவை ஆகிய—மூன்று விதமான காலச்சார்புறவுகள் இருப்பதைச் சார்பியல் கோட்பாடு புலப்படுத்துகிறது.

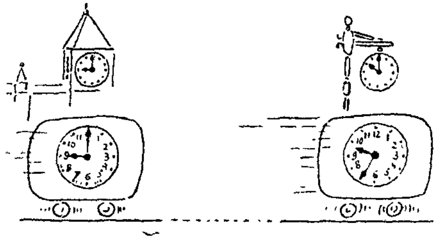
அத்தியாயம் 5

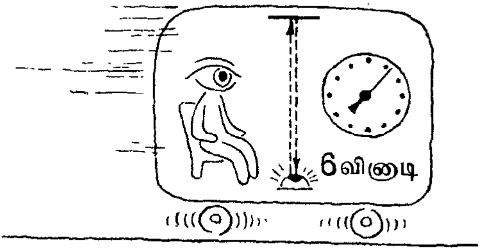
ஏறுமாறான கடிகாரங்களும் வரைகோல்களும்

மீண்டும் ரயில் வண்டியில் ஏறுகிறோம்

முடிவில்லாப் பாதையில் ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியில் போய்க் கொண்டிருக்கிறோம். இரு ரயில் நிலையங்களுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவு 86,40,00,000 கி. மீ. 2,40,000 கி. மீ/வினாடி வேகத்தில் ஓடும் ஒரு ரயில் வண்டிக்கு இந்தத் தொலைவைக் கடக்க ஒரு மணி நேரமாகும்.

இரு ரயில் நிலையங்களிலும் கடிகாரங்கள் இருக்கின்றன. முதல் நிலையத்தில் வண்டியில் ஏறிக் கொள்ளும் ஒரு பயணி ரயில் நிலையக் கடிகாரத்துக்குச் சரியாய்த் தமது கைக்கடிகாரத்தைத் திருப்பி வைத்துக் கொள்கிறார். இரண்டாவது நிலையத்தை அடைந்ததும் அவர் தமது கைக்கடிகாரம் பின்தங்கியிருப்பதைக் கண்டு வியப்படைகிறார். கைக்கடிகாரம் மெதுவாய்ப் போகிறதே என்று ரிப்பேர்





கடைக்கு எடுத்துச் சென்ற போது சரியாகத்தான் போகிற தென்று அங்கே கூறுகிருர்கள்.

என்ன இது?

என்ன நடந்ததென்பதைப் புரிந்து கொள்ள முயலு வோம். நமது பயணி வண்டிப் பெட்டியின் தரையில் மின் சார டார்ச் விளக்கை வைத்து விளக்கொளிக் கற்றையைச் சேங்குத்தாய்ப் பெட்டியின் மச்சுத் தளத்துக்கு அனுப்பு வதாய்க் கொள்வோம். மச்சுத் தளத்தில் அமைந்த முகக் கண்ணுடியில் இந்த ஒளிக் கற்றை எதிரொளித்து, சென்ற பாதையிலே திரும்பி வருவதாய் வைத்துக் கொள்வோம். இந்த ஒளிக் கற்றை மேலே சென்று அங்கு ஆடியில் எதி ரொளித்துத் திரும்பும் பாதை ரயில் வண்டியில் செல்லும் பயணிக்கு எப்படித் தெரியுமென்பது மேலே உள்ள படத்தில் காட்டப்படுகிறது. ஆனுல் இதே பாதை பிளாட்பாரத்தில் நிற்கும் பார்வையாளருக்கு வேறு விதமாய்த் தெரிகிறது. டார்ச்சிலிருந்து ஒளிக் கற்றை ஆடியைச் சென்றடைவதற்கு ஆகும் நேரத்தில், ரயில் வண்டியின் ஓட்டத்தின் காரணமாய் ஆடி குறிப்பிட்ட தூரம் இடம் பெயர்ந்து சென்றுவிடும். ஒளிக் கற்றை ஆடியிலிருந்து டார்ச்சுக்குத் திரும்பி வரும் நேரத் தில் டார்ச் மேற்கூறிய அதே தூரம் இடம் பெயர்ந்துவிடும்.

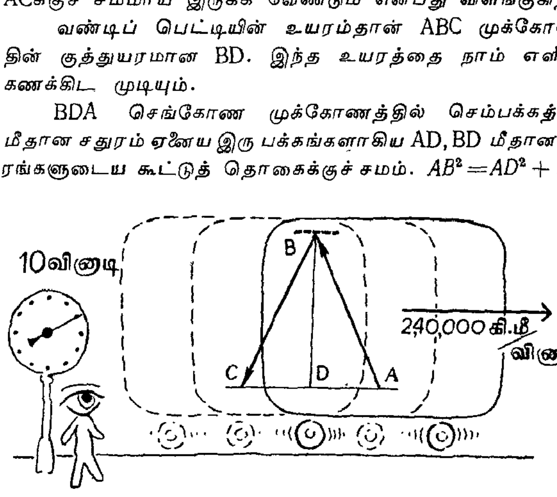
ரயில் வண்டியில் செல்லும் பயணிக்கு இந்த ஒளிக் கற்றை சென்ற தூரத்தைக் காட்டிலும் பிளாட்பாரத்தில் நிற்கும் பார்வையாளருக்குத் தெளிவாகவே அதிக தூர சென்றிருக்கிறது என்பதைக் காண்கிருேம். ஆனுல் ஒளியி

வேகம் சார்பிலாத் தனிமுதலானது என்பதையும், ஆகவே ரயில் வண்டியில் செல்கிறவருக்கும் பிளாட்பாரத்தில் நின்று பார்வையிடுகிறவருக்கும் இந்த வேகம் மாற்றமின்றி ஒன்றாகவே இருக்க வேண்டும் என்பதையும் நாம் அறிவோம். ஆகவே ஒளிக் கற்றை டார்ச்சிலிருந்து கிளம்பி மீண்டும் திரும்பிவந்து சேர்வதற்கு ரயில் வண்டியில் ஆன நேரத்தைக் காட்டிலும் ரயில் நிலையத்தில் அதிக நேரம் ஆகியிருக்கிறது என்பதே நாம் வந்தடையும் முடிவு!

எளிதில் இதைக் கணக்கிட்டு ஒளிக் கற்றை மேலே புறப்படுவதற்கும் பிறகு திரும்பி வந்து சேர்வதற்கும் இடையே 10 விநாடி கழிந்ததாய்ப் பிளாட்பாரத்திலுள்ள பார்வையாளர் நிலைநாட்டுவதாய்க் கொள்வோம். இந்த 10 விநாடியில் ஒளிக் கற்றை $3,00,000 \times 10 = 30,00,000$ கி. மீ தொலைவு சென்றிருக்க வேண்டும். ABC இருசமபக்க முக்கோணத்தில் சமபக்கங்களான AB, BC ஒவ்வொன்றும் 15,00,000 கி. மீ நீளமுள்ளது. 10 விநாடியில் ரயில் வண்டி செல்லும் தூரம் $2,40,000 \times 10 = 24,00,000$ கி. மீ; இது ACக்குச் சமமாய் இருக்க வேண்டும் என்பது விளங்குகிறது.

வண்டிப் பெட்டியின் உயரம்தான் ABC முக்கோணத்தின் குத்துயரமான BD. இந்த உயரத்தை நாம் எளிதில் கணக்கிட முடியும்.

BDA செங்கோண முக்கோணத்தில் செம்பக்கத்தின் மீதான சதுரம் ஏனைய இரு பக்கங்களாகிய AD, BD மீதான சதுரங்களுடைய கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம். $AB^2 = AD^2 + BD^2$



என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து, வண்டிப் பெட்டியின் உயரமான $BD = \sqrt{AB^2 - AD^2} = \sqrt{15,00,000^2 - 12,00,000^2} = 9,00,000$ கி. மீ. இந்த உயரம் சாமான்யமானதல்ல, ஆனால் ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியின் வானியல் பரிமாணங்களை மனதிற் கொள்வோமாயின் இது வியப்புக்குரியதல்ல.

ரயில் வண்டியில் செல்லும் பயணியின் கண்ணோட்டத்தின்படி, தரையிலிருந்து உச்சிக்குச் சென்று மீண்டும் தரைக்குத் திரும்பிய ஒளிக் கற்றையின் பாதை வண்டிப் பெட்டியின் உயரத்தைப் போல் இரண்டு மடங்குக்குச் சமம், அதாவது $2 \times 9,00,000 = 18,00,000$ கி.மீ. நீளமுடையதாகும். ஒளிக் கற்றை இந்தத் தூரம் செல்ல $\frac{18,00,000}{3,00,000} = 6$ விநாடி ஆகும்.

கடிகார முரண்பாட்டுப் புதிர்

ரயில் நிலையத்தில் 10 விநாடி கழிந்திருக்கையில் ஓடும் ரயில் வண்டியில் 6 விநாடிதான் கழிந்திருக்கிறது. ரயில் வண்டியானது முதல் நிலையத்திலிருந்து இரண்டாவது நிலையத்துக்கு வருவதற்கு ரயில் நிலையக் கடிகாரத்தின்படி ஒரு மணி நேரமாயிருக்குமானால், பயணியின் கைக்கடிகாரத்தின் படி வண்டி $60 \times \frac{6}{10} = 36$ நிமிடமே ஆகியிருக்கிறது என்றுகிறது. அதாவது ஒரு மணி நேரத்தில் பயணியின் கைக்கடிகாரம் ரயில் நிலையக் கடிகாரத்துக்கு 24 நிமிடம் பின்தங்கிவிடுகிறது.

ரயில் வண்டியின் வேகம் எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு அதிகமாகிறதோ அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு நேரத்தின் பின்னடைவாலாகிய இந்த பேதமும் அதிகமாகிறது என்பது எளிதில் புலனாகிறது.

ரயில் வண்டியின் வேகம் மேலும் மேலும் ஒளியின் வேகத்தை நெருங்கிச் செல்லும் போது ரயில் வண்டியின் செல்பாதையைக் குறிக்கும் பக்கமான AD அதே நேரத்தில் ஒளிக் கற்றை சென்ற பாதையைக் குறிக்கும் செம்பக்கம் ABயை நெருங்கிச் செல்கிறது. பக்கம் BD க்குச் செம்

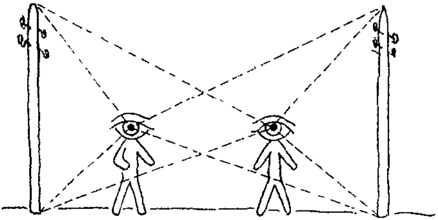
பக்கம் ABயுடனுன சார்புறவு இதனுடன் கூடவே குறைந்து செல்கிறது. ஆனுல் இதுவேதான் ரயில் வண்டிக்கு ரயில் நிலையத்துடனுன காலச் சார்புறவையும் குறிக்கிறது. ரயில் வண்டியின் வேகத்தை ஒளியின் வேகத்தை நெருங்குமாறு அதிகரிக்கச் செய்வதன் மூலம் ரயில் வண்டியில் நேரத்தை ரயில் நிலைய நேரத்தின் ஒரு மணியில் வரம்பின்றிச் சொற்ப விகிதமாகும்படிக் குறைத்துச் செல்ல முடியும். உதாரணமாய் ஒளியின் வேகத்தில் *0.9999* பங்குக்குச் சமமான வேகத்தில், ரயில் நிலைய நேரப்படி ஒரு மணி நேரம் கழியும் போது ரயில் வண்டியில் ஒரேயொரு நிமிடம்தான் கழியும்.

ஆகவே, பயணம் புரியும் எல்லாக் கடிகாரங்களும் கைக்கடிகாரங்களும் ஓய்வு நிலையிலுள்ள கடிகாரங்களுக்குப் பின்தங்குகின்றன என்பது தெரிய வருகிறது. ஆனுல் இது நமது வாதத்தின் அடிநிலையான சார்பியல் கோட்பாட்டுக்கு முரணுனதா?

ஏனைய எல்லாக் கடிகாரங்களைக் காட்டிலும் வேகமாய் இருக்கும் கடிகாரத்தைச் சார்பிலாத் தனிமுதலான ஓய்வு நிலையில் இருப்பதாய்க் கொள்ளலாமென்று இதற்கு அர்த்தம்?

இல்லை, அப்படிக் கொள்வதற்கில்லை, ஏனெனில் ரயில் வண்டியில் செல்லும் கைக்கடிகாரமானது ரயில் நிலையக் கடிகாரத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்பட்ட செயல் முற்றிலும் சமத்துவமில்லா நிலைமைகளில் நடைபெற்றது. உண்மையில் இங்கு இரண்டல்ல, மூன்று கடிகாரங்கள் ஈடுபடுத்தப்பட்டன. ரயில் வண்டியில் செல்லும் பயணி தமது கைக்கடிகாரத்தை இருவேறு ரயில் நிலையங்களில் இருந்த இருவேறு கடிகாரங்களுடன் சரிபார்த்து ஒப்பிட்டார். இவ்வாறில்லாமல், ரயில் வண்டியின் முதல் பெட்டியிலும் கடைசிப் பெட்டியிலும் கடிகாரங்கள் இருப்பதாய்க் கொண்டு, பிளாட்பாரத்தில் நிற்கும் பார்வையாளர் ரயில் நிலையக் கடிகாரத்தைப் பறந்தோடும் ரயில் வண்டியின் இரு முனைகளிலுமுள்ள கடிகாரங்களுடன் ஒப்பிட்டுச் சரிபார்ப்பதாய்க் கொள்வோமாயின், ரயில் நிலையக் கடிகாரம் எப்போதும் பின்தங்கிவிடுவதை இந்தப் பார்வையாளர் காண்பார்.

ரயில் வண்டியானது ரயில் நிலையத்தைச் சார்ந்து நேர்



கோட்டுப் பாதையில் சீரான திசைவேகத்தில் ஓடுவதாய்க் கொள்ளப்பட்டிருப்பதால், நாம் முழு நியாயத்துடன் ரயில் வண்டியை நிற்பதாகவும் ரயில் நிலையத்தை ஓடுவதாகவும் கருதிக் கொள்ளலாம். இவற்றில் செயல்படும் இயற்கை விதிகள் ஒரே மாதிரியாகவே இருக்க வேண்டும்.

தமது கடிகாரத்தைச் சார்ந்து இடம் பெயராமல் நிற்கும் ஒவ்வொரு பார்வையாளரும், தம்மைச் சார்ந்து இடம்பெயர்ந்து ஓடும் பிற கடிகாரங்கள் வேகமாய் இருப்பதையும், இந்தப் பிற கடிகாரங்களுடைய இடப்பெயர்ச்சி வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அவை யாவும் மேலும் மேலும் வேகமாய் இருப்பதையும் காண்பார்.

வெவ்வேறு தந்திக் கம்பங்களின் பக்கத்தில் நிற்கும் இரு பார்வையாளர்கள் தத்தமக்கு அருகிலுள்ள கம்பம்தான் மற்றதைவிட அதிகக் கோணத்தில் காணப்படுவதாய் வற்புறுத்துவதற்கு ஒப்பானதே இது.

காலப் பொறி

ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டி நேர்கோட்டுப் பாதையில் ஓடுவதற்குப் பதில் இப்போது வட்டப் பாதையில் ஓடுவதாய் வைத்துக் கொள்வோம். குறிப்பிட்ட நேரத்துக்குப் பிற்பாடு இந்த ரயில் வண்டி தான் புறப்பட்ட இடத்துக்குத் திரும்பி வந்துவிடும். ஏற்கனவே நாம் நிலைநாட்டியது போல, ரயில் வண்டியில் செல்லும் பயணி தமது கைக்கடிகாரம் மெதுவாய் இருப்பதையும், ரயில் வண்டியின் வேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க தமது கைக்கடிகாரம் மேலும் மேலும் மெதுவாய்

இருப்பதையும் காண்பார். ரயில் வண்டியின் வேகத்தை அதிகரிக்கச் செய்வதன் மூலம், பயணிக்கு ஒரேயொரு நாள் கழிந்து, அதே போது ரயில் நிலைய மேலாளருக்குப் பல ஆண்டுகள் கழிந்துவிடும்படியான நிலையை நாம் வந்தடையலாம். நமது பயணி (தமது கைக்கடிகாரத்தின்படி) ஒரு நாளின் பொழுதுக்குப் பயணம் புரிந்து தாம் புறப்பட்ட ரயில் நிலையத்துக்குத் திரும்பி வருகையில் தமது உற்ருரும் உறவினரும் இறந்து போய் பல ஆண்டுகளாகிவிட்டதைக் காண நேரலாம்.

வட்ட ரயில் பாதையிலான இந்தப் பயணத்தின் போது இரண்டு கடிகாரங்களே—ரயில் வண்டியிலும் புறப்படும் ரயில் நிலையத்திலுமுள்ள கடிகாரங்கள் மட்டுமே — சரி பார்த்து ஒப்பிடப்படுகின்றன.

இதில் சார்பியல் கோட்பாட்டுக்கு முரணுய் இருப்பது ஏதாவது உண்டா? பயணியை ஓய்வு நிலையில் இருப்பவராகவும், புறப்பாட்டு ரயில் நிலையம் வட்டப் பாதையைச் சுற்றி ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியின் வேகத்தில் ஓடுவதாகவும் கொள்ள முடியுமா? அப்படிக் கொள்வோமாயின், ரயில் நிலையத்தில் இருப்போருக்கு ஒரேயொரு நாள் கழிய, அதே போது ரயில் வண்டியில் செல்லும் பயணிகளுக்குப் பல ஆண்டுகள் கழிவதாய் நாம் முடிவு கட்ட வேண்டி வரும். இது தவருனது. ஏன் தவருனது?

புற விசையின் பாதிப்புக்கு உள்ளாகாத போது மட்டுமே ஒரு பண்டத்தை நாம் இயங்காது நிற்பதாய்க் கொள்ள முடியுமென்று மேலே நாம் நிலைநாட்டியிருக்கிருேம். ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஓய்வு நிலைகள் உண்டென்பது மெய்தான். எண்ணற்ற பலவும் உண்டு, இயங்காது நிற்கும் இரண்டு பண்டங்கள் ஒன்றைச் சார்ந்து ஒன்று நேர்கோட்டுப் பாதையில் மாருத ஒரே வேகத்தில் செல்வனவாய் இருக்கலாம் என்பது நமக்குத் தெரிந்ததே. ஆனுல் வட்ட ரயில் பாதையில் பறந்தோடும் ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியிலுள்ள கடிகாரம் மையம் விட்டோடும் விசையின் [centrifugal force] பாதிப்புக்கு உள்ளாகிறது; ஆகவே இந்தக் கடிகாரத்தை நாம் ஓய்வு நிலையில் இருப்பதாய்க் கருத முடியாது. ரயில் நிலையத்திலுள்ள கடிகாரம் காட்டும் நேரத்துக்கும் ரயில் வண்டி

யிலுள்ள கடிகாரம் காட்டும் நேரத்துக்கும் இடையிலான வேறுபாடு சார்பிலாத் தனிமுதலானதாகும்.

இரண்டு ஆட்களின் கைக்கடிகாரங்கள் ஒரே நேரம் காட்டுகையில் இருவரும் பிரிந்து விலகிச் சென்றுவிட்டு மீண்டும் சந்திப்பார்களாயின், ஓய்வு நிலேயிலோ நேர்கோட்டுப் பாதையிலான சீரான இயக்கத்திலோ இருந்தவருடைய கடிகாரம் வேகமாய் இருக்கும், ஏனெனில் அது எந்த விசையின் பாதிப்புக்கும் உள்ளாகிவிடவில்லே.

ஒளியின் வேகத்துக்கு நெருங்கிய வேகத்தில் வட்ட ரயில் பாதையில் நாம் பயணம் செய்தோமாயின் ஹெ. ஜி. வெல்ஸ் எழுதிய காலப் பொறி [time machine] பற்றி ஓரளவு அனுபவித்து அறியலாம், ஏனெனில் நாம் புறப்பட்ட ரயில் நிலேயத்துக்கு முடிவில் திரும்பி வருகையில் ரயில் வண்டியிலிருந்து இறங்கி மிகப் பல ஆண்டுகளுக்குப் பிற்பாடான எதிர்காலத்தினுள் அடியெடுத்து வைக்கலாம். இந்த ரயில் வண்டியில் எதிர்காலத்துக்குள் போகலாமே தவிர நமது கடந்த காலத்துக்குத் திரும்ப முடியாது. ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டிக்கும் வெல்சின் காலப் பொறிக்குமுள்ள பெரிய வேறுபாடாகும் இது.

விஞ்ஞானம் எவ்வளவுதான் முன்னேறிய போதிலும் என்றும் நம்மால் கடந்த காலத்திற்குச் செல்ல முடியுமென எதிர்பார்க்க முடியாது. அப்படி எதிர்பார்க்க இடம் இருந்தால், மெய்யாகவே அபத்தமான நிலேமைகள் கோட்பாட்டளவில் சாத்தியமே என்பதாய் நாம் ஒத்துக் கொள்ள வேண்டிவரும். கடந்த காலத்துக்குள் ஒருவர் பயணம் புரிந்து இன்னும் தனது பெற்றோரே பிறந்திராத ஒரு காலத்தில் தாம் போய் நிற்கும்படியான அபத்த நிலேமை அல்லவா ஏற்படும்.

ஆனல் எதிர்காலத்தினுள் பயணம் செய்வதில் போலியான முரண்பாடுகளேத் தவிர அதிகமான சிக்கல்கள் நம்மை எதிர்நோக்கவில்லே.

விண்மீனுக்குப் பயணம்

ஒளியானது நமது பூமியை வந்தடைய 40 ஆண்டுகள் தேவையாய் இருக்கும் அவ்வளவு நெடுந் தொலேவிலுள்ள

விண்மீன்கள் வானத்தில் இருக்கின்றன. ஒளியின் வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிகமான வேகத்தில் செல்வது சாத்தியமல்ல என்பது நமக்குத் தெரியுமாதலால், 40 ஆண்டுகளுக்குக் குறைவான காலத்துக்குள் நம்மால் இத்தகைய ஒரு விண்மீனிடம் போய்ச் சேர முடியாதென்று நாம் முடிவு செய்யலாம். ஆனால் இந்த முடிவு தவறானது, ஏனெனில் இயக்கத்தின் போது காலம் சுருங்குவதை நாம் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளாமல் விட்டுவிட்டோம்.

2,40,000 கி. மீ/ விநாடி வேகத்தில் செல்லும் ஐன்ஸ்டைன் ராக்கெட்டில் நாம் விண்மீனை நோக்கிச் செல்வதாய்க் கொள்வோம். பூமியிலுள்ளவர்களுக்கு நாம் $\frac{3,00,000 \times 40}{2,40,000} = 50$ ஆண்டுகளில் இந்த விண்மீனுக்குப் போய்ச் சேர்வோம்.

ஆனால் ராக்கெட்டில் செல்லும் நமக்குப் பயண நேரம் 10லிருந்து 6 என்னும் விகிதத்தில் குறுகிவிடும். ஆகவே நாம் 50 ஆண்டுகளில் அல்ல, $\frac{6}{10} \times 50 = 30$ ஆண்டுகளில் விண்மீனுக்குப் போய்ச் சேர்ந்துவிடலாம்.

நமது ஐன்ஸ்டைன் ராக்கெட்டின் வேகம் ஒளியின் வேகத்தை நெருங்கும்படி இந்தப் பயண நேரத்தை வரம்பின்றி நாம் குறைத்துச் செல்லலாம். பயண வேகம் போதிய அளவு அதிகமாய் இருக்குமாயின் தத்துவார்த்தத்தில் நாம் ஒரு நிமிடத்துக்கும் குறைவான நேரத்தில் விண்மீனுக்குச் சென்று திரும்பி வந்துவிடலாம்! ஆனால் அதற்குள் பூமியில் எப்படியும் 80 ஆண்டுகள் கழிந்திருக்கும்.

மனித ஆயுளை நீடிக்கச் செய்வதற்கான ஒரு வழி— ''அவனுக்கு'' உரிய காலத்தின்படியேதான் இம்மனிதன் வயதில் முதியவனாக முடிகிறபடியால் ஏனையோரின் நோக்கில் மட்டுமேதான் அவனுடைய ஆயுளை நீடிக்கச் செய்ய முடிகிறது என்றாலும் இப்படி ஒரு வழி—நம்மிடம் இருப்பதாய்த் தோன்றுகிறது. ஆனால் துரதிர்ஷ்டவசமாய் நெருங்கிச் சென்று பரிசீலிக்கையில் இந்த வழி வெறும் பொய்த் தோற்றமே என்பது புலப்படுகிறது.

முதலாவதாக, புவி ஈர்ப்பினால் உண்டாகும் முடுக்கத்தைவிட [acceleration] குறிப்பிடத் தக்க அளவுக்கு அதிகமான முடுக்கம் நீடித்துச் செயல்படும் நிலைமைக்கு மனித

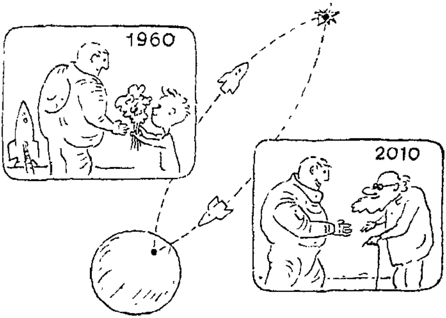
உடல் தகவமைக்கப்பட்டதாய் இல்லை. ஒளியின் வேகத்துக்கு நெருங்கிய வேகங்களை அடைவதற்கு மிக நெடுங்கால முடுக்கம் தேவையாயிருக்கும். புவி ஈர்ப்பு முடுக்கத்துக்குச் சமமான முடுக்கத்தில் ஆறு மாத காலம் பயணம் செய்வோமாயின் நமக்கு ஆறு வார ஆதாயமே கிடைக்குமென கணக்கீடுகள் புலப்படுத்துகின்றன. நமது பயணத்தை மேலும் நீடிக்கச் செய்கையில் கால ஆதாயம் வெகுவாய் அதிகரிக்க முற்படுகிறது. பன்னிரண்டு மாதங்களுக்கு ராக்கெட்டில் பயணம் புரிவோமாயின் கூடுதலாய் 18 மாத ஆதாயம் கிடைக்கும், இரண்டு ஆண்டுகள் பயணம் புரிவோமாயின் 28 ஆண்டு ஆதாயம் கிடைக்கும். மூன்று ஆண்டுகளுக்குக் கிரகங்களிடையே பயணம் செய்தால், 360 ஆண்டுகளுக்கும் அதிகமான ஆதாயம் பெறலாம்!

உற்சாகமூட்டும் புள்ளிகள்தான் இவை!

இயக்க ஆற்றலின் செலவைக் கணக்கிட்டுப் பார்ப்போமாயின், உற்சாகத்துக்கு அதிக இடமில்லாமற் போகிறது. ஒரு டன் எடையுள்ள ராக்கெட்டு 2,60,000 கி. மீ/விநாடி வேகத்தில் (காலத்தை ''இரட்டிப்பாக்குவதற்கு'', அதாவது ராக்கெட்டில் செலவிடும் ஓராண்டு பூமியில் இரண்டு ஆண்டுகளுக்குச் சமமாவதற்கு வேண்டிய வேகம் இது) செல்லுமாயின், அதற்குச் செலவாகும் ஆற்றல் 2,50,00,000,00,00,000 கிலோவாட் மணிகள், அனைத்து உலகும் சேர்ந்து பல ஆண்டுகளில் உற்பத்தி செய்யும் ஆற்றலின் அளவாகும் இது.

ஆயினும் இது அதிவேகப் பயணத்தின் போது ராக்கெட்டுக்குச் செலவாகும் ஆற்றல் மட்டுமே ஆகும். இதன்றி, நமது ராக்கெட்டு 2,60,000 கி. மீ/விநாடி வேகத்தை அடைவதற்கு அதற்கு முடுக்கம் அளிப்பதற்கு வேண்டிய ஆற்றலையும் கணக்கிட்டுக் கூட்டிக் கொண்டாக வேண்டும். தவிரவும் பயணத்தின் முடிவில் அண்ட வெளிக் கப்பல் அபாயமின்றி தரையிறங்குவதற்காக அதன் வேகம் குறைக்கப்பட்டாக வேண்டும். இதற்குத் தேவையான ஆற்றல் செலவு எவ்வளவு?

மேலே கூறியதைப் போல் 200 மடங்கான ஆற்றல் வேண்டியிருக்கும். இதல்லாமல், சாத்தியமான மிக உயர்ந்த வேகமாகிய ஒளி வேகத்தில் இஞ்சினிலிருந்து வெளியேறும்

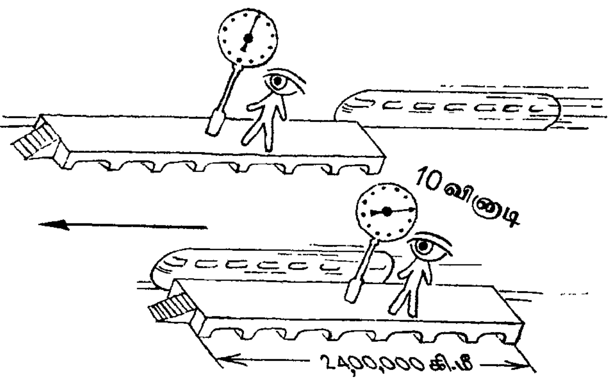


ஜெட்டை உண்டாக்குவதற்குத் தேவையான எரிபொருளும் நம்மிடம் இருந்தாக வேண்டும். அதாவது, அனைத்து உலகும் இருபது, முப்பது ஆண்டுகளில் உற்பத்தி செய்யும் ஆற்றல் நமக்குத் தேவையாயிருக்கும். உண்மையில் ஜெட் வெளியேறும் வேகம் ஒளியின் வேகத்தில் மிக பல ஆயிரம் மடங்கு குறைவாகவே இருக்குமாதலால், நமது கற்பனைப் பயணத்துக்குத் தேவைப்படும் ஆற்றல் செலவு தாள முடியாதபடி மிகவும் பிரம்மாண்டமாய் இருக்கும்.

நீளத்தின் சுருக்கம்

காலமானது உண்மையில் சார்பிலாத் தனிமுதல் கருத்தல்ல என்பதைக் கண்டோம். அது சார்பானது, எந்தத் தொகுப்பிலிருந்து பார்வையிடப்பட்டது என்பதைத் துல்லியமாய்க் குறிப்பிட்டாக வேண்டும்.

இனி விசும்பைக் கவனிக்கலாம். மைக்கெல்சனின் சோதனையை விவாதிக்கும் முன்பே நாம் விசும்பு சார்பானதே என்று தெரிந்து கொண்டோம். ஆயினும் விசும்பின் சார்பியலை தெரிந்து கொண்ட பிறகும் பண்டங்களின் பரிமாணங்களுக்கு நாம் சார்பிலாத் தனி முதலான தன்மை அளித்து வந்தோம். அதாவது இவற்றை நாம் எந்தத் தொகுப்பிலிருந்து பார்வையிடுகிறோம் என்பதைப் பொறுத்திராதன



வாய்க் கருதி வந்தோம். ஆனால் இந்தக் கருத்தையும் கைவிட்டுவிட வேண்டுமென்று சார்பியல் தத்துவம் நம்மை நிர்ப்பந்தம் செய்கிறது. காலம் சார்பிலாத் தனிமுதல் தன்மையுடையது என்னும் நினைப்பைப் போலவே இந்தக் கருத்தும் நம்மிடையே வளர்ந்துவிட்ட ஒரு தப்பெண்ணமே ஆகும். ஒளியின் வேகத்தைவிட வரம்பு கடந்த அளவுக்குச் சொற்பமான வேகங்கள் மட்டுமே நமக்குப் பழக்கமானவை என்பதால் இந்தத் தப்பெண்ணம் நமக்கு ஏற்படலாயிற்று.

ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டி 24,00,000 கி. மீ. நீளமுள்ள ரயில் நிலையப் பிளாட்பாரத்தைக் கடந்து பறந்தோடுவதாய்க் கற்பனை செய்து கொள்வோம். பிளாட்பாரத்தின் ஒரு முனையிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு ரயில் நிலையக் கடிகாரத்தின்படி $\frac{24,00,000}{2,40,000} = 10$ விநாடியில் இந்த ரயில் வண்டி ஓடிவிடுகிறது. ஆனால் பயணிகளுடைய கைக்கடிகாரங்களின்படி ரயில் வண்டிக்கு இதற்கு 6 விநாடிகளே வேண்டியிருக்கும். ஆகவே பயணிகள் முழு நியாயத்துடன் இந்தப் பிளாட்பாரத்தின் நீளம் 24,00,000 கி. மீ அல்ல, $2,40,000 \times 6 = 14,40,000$ கி. மீ தான் என்று முடிவு கட்டலாம்.

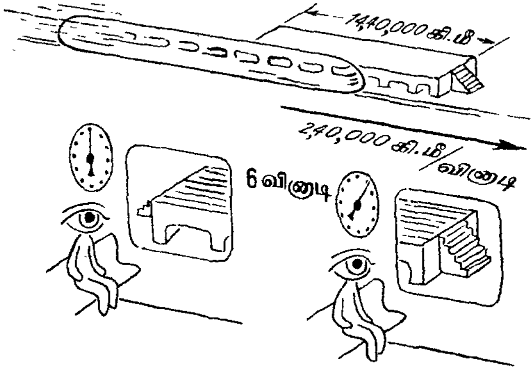
பிளாட்பாரத்தைச் சார்ந்து எந்தத் தொகுப்பு ஓய்வு நிலையிலுள்ளதோ அத்தொகுப்பின் நோக்கு நிலையிலிருந்து

பிளாட்பாரத்தின் நீளம் அதிகமாகவும், எந்தத் தொகுப்பைச் சார்ந்து பிளாட்பாரம் இயக்க நிலையில் இருக்கிறதோ அத்தொகுப்பின் நோக்கு நிலையிலிருந்து அதன் நீளம் குறைவாகவும் இருப்பது புலப்படுகிறது. ஓடும் பண்டங்கள் யாவும் அவற்றின் இயக்கத் திசையில் சுருங்குகின்றன.

ஆனால் நீளத்தின் இந்தச் சுருக்கம் இயக்கத்தின் சார்பிலாத் தனிமுதல் தன்மையை நிரூபிப்பதாய் அமைந்துவிடவில்லை; அதாவது பண்டத்தைச் சார்ந்து ஓய்வு நிலையிலுள்ள தொகுப்பிலிருந்து பார்வையிடுகையில் பண்டம் அதன் மெய்யான பரிமாணங்களைப் பெறுவதாய்க் கொள்வதற்கில்லை. பயணிகள் பிளாட்பாரம் சுருங்கியிருப்பதைக் காண்பது போலவே, பிளாட்பாரத்தில் இருப்பவர்கள் ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டி (10க்கு 6 விகிதத்தில்) சுருங்கியிருப்பதாய்க் காண்பார்கள்.

இது கண்ணுக்குத் தெரியும் வெறும் கானல் தோற்றமல்ல. பண்டத்தின் நீளத்தை அளப்பதற்காக உபயோகிக்கப்படும் எல்லாக் கருவிகளும் இதைக் காட்டும்.

இந்தக் கண்டுபிடிப்புக்கு இணங்க இப்பொழுது 43ஆம் பக்கத்தில் ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியில் கதவுகள் திறந்து



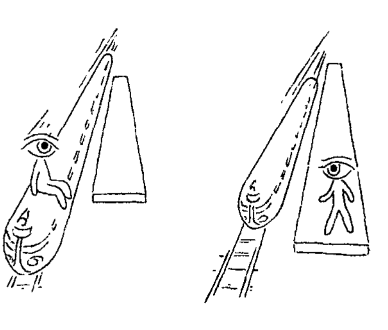
கொள்வதற்கு ஆகும் நேரம் குறித்து நாம் கூறியவற்றைத் திருத்திக் கொண்டாக வேண்டும். பிளாட்பாரத்தில் நிற்கும் பார்வையாளருடைய நோக்கு நிலையிலிருந்து கதவுகள் திறந்து கொள்வதற்கு ஆகும் நேரத்தைக் கணக்கிடுகையில், நாம் ஓடும் ரயில் வண்டியும் நிற்கும் ரயில் வண்டியைப் போல் அதே நீளமுடையதாகவே இருக்குமென அனுமானித்துக்கொண்டோம். உண்மையில், பிளாட்பாரத்தில் நிற்பவருக்கு ரயில் வண்டியின் நீளம் குறைந்திருக்க வேண்டும். ஆகவே ரயில் நிலையக் கடிகாரத்தின்படி இரு கதவுகளும் திறந்து கொள்வதற்கு இடையிலுள்ள நேரம் உண்மையில் $\frac{6}{10} \times 40 = 24$ விஞடியே அன்றி **40** விஞடி அல்ல.

ஆனல் இந்தத் திருத்தம் நாம் வந்தடைந்த முடிவுகளுக்கு முக்கியமானது அல்ல என்பது தெளிவு.

இங்கு அடியிலுள்ள படங்கள் பிளாட்பாரத்தில் நிற்கும் பார்வையாளர், ரயில் வண்டியில் செல்லும் பயணி ஆகிய இருவருக்கும் ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியும் பிளாட்பாரமும் எப்படித் தெரியுமென்பதைக் காட்டுகின்றன.

வலப்புறப் படத்தில் ரயில் வண்டியைவிட பிளாட்பாரம் நீளமாயிருக்கிறது; இடப்புறப் படத்தில் பிளாட்பாரத்தைவிட ரயில் வண்டி நீளமாயிருக்கிறது.

இவ்விரு படங்களில் எதார்த்த நிலவரத்தைக் காட்டுவது எது?



இக்கேள்வி, 11ஆம் பக்கத்திலுள்ள மாடு மேய்ப்பாளரையும் பசுவையும் பற்றிய கேள்வியைப் போல் அர்த்தமற்றதாகும்.

இவ்விரு நிகழ்வுகளும் ஒரே எதார்த்தத்தை இரு வேறு நோக்கு நிலைகளிலிருந்து "படம் பிடித்துக்" காட்டுகின்றன.

ஏறுமாறான வேகங்கள்

50 கி. மீ/மணி வேகத்தில் ஓடும் ரயில் வண்டியின் தலைப் பகுதியை நோக்கி 5 கி. மீ/மணி வேகத்தில் நடக்கும் ஒரு பயணியின் வேகம் ரயில் பாதையைச் சார்ந்து எவ்வளவு? இவ்வேகம் 50+5=55 கி.மீ/மணியாகவே இருக்கவேண்டும் என்பது தெரிகிறது. நமது விடை திசைவேகக் கூட்டல் சூத்திரத்தை அடிப்படையாய்க் கொண்டதாகும். இது சரியே என்பதில் ஐயமில்லை. ரயில் வண்டி ஒரு மணி நேரத்தில் 50 கி. மீ ஓடியிருக்கும், ரயில் வண்டியில் பயணி மேலும் 5 கி. மீ நடந்திருப்பார். ஆகவே கூட்டுத் தொகை 55 கி. மீ.

ஆயினும் வரம்பு வேகம் என்பதாய் ஒன்று இருப்பதால், சிறிய வேகம், பெரிய வேகம் ஆகிய யாவற்றுக்கும் அனுசரிக்கப்படக் கூடிய பொது விதியாய்த் திசைவேகக் கூட்டல் விதியைக் கொள்ளலாகாது என்பது விளங்கிறது. நமது பயணி ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியில் 1,00,000 கி. மீ./வினாடி வேகத்தில் வண்டியின் தலைப் பகுதியை நோக்கிச் செல்வதாய்க் கொண்டால், ரயில் பாதையைச் சார்ந்து அவருடைய வேகம் 2,40,000+1,00,000=3,40,000 கி. மீ/வினாடி என்றாகிறது. ஆனால் இம்மாதிரியான வேகம் இருக்கவில்லை, ஏனெனில் இது ஒளியின் வேகத்தைக் காட்டிலும் அதிகமானது.

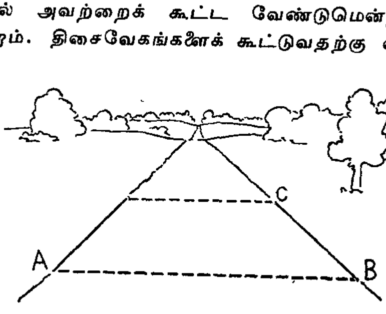
எனவே நமது அன்றாட வாழ்வில் நாம் கையாளும் திசைவேகக் கூட்டல் விதி முற்றிலும் சரியானதல்ல. ஒளியின் வேகத்துக்கு மிகமிகக் குறைவான வேகங்களுக்கு மட்டுமே இவ்விதி பொருந்துவதாகும்.

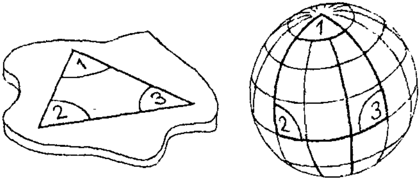
சார்பியல் தத்துவம் சம்பந்தமாய் அதிர்ச்சி தரும் பல அனுபவங்களுக்கு ஏற்கனவே பழக்கப்பட்டுவிட்ட வாசகர்கள், மேலே நாம் திசைவேகக் கூட்டல் விதியை வருவிப்பதற்

5 — 527

காகக் கையாண்ட தெட்டத் தெளிவாய்ப் புலப்படு வதாய்த் தோன்றும் தர்க்கவாத முறை ஏன் சரியானதல்ல என் பதை எளிதில் கண்டு கொண்டுவிடலாம். ஒரு மணி நேரத் தில் ரயில் வண்டி ஓடிய தூரத்துடன் அவ்வண்டியில் பயணி சென்ற தூரத்தைக் கூட்டிக் கொண்டோம். ஆனால் இந்த இரு தூரங்களையும் இப்படிக் கூட்டக் கூடாதென்று சார்பியல் தத்துவம் முன்பே நமக்குத் தெளிவுபடுத்தியிருக்கிறது. இப்பக்கத்திலுள்ள படத்தில் காட்டப்படும் சாலையில் BCயா னது பார்வைக் கோணத்தால் உருத்திரிக்கப்பட்டிருப்பதை மறந்துவிட்டு ABஐ BCஆல் பெருக்கிச் சாலையின் இந்த வெட்டுப் பகுதியினுடைய பரப்பைக் கணக்கிடுவது எவ்வளவு அபத்தமானதோ அதே அளவுக்கு அபத்தமானதுதான் மேலே செய்த கூட்டலும். தவிரவும் ரயில் நிலையத்தைச் சார்ந்து பயணியின் வேகத்தைக் கணக்கிடுவதற்கு, ரயில் நிலையக் கடி காரத்தின்படி ஒரு மணி நேரத்தில் அவர் செல்லும் தூரத்தை நாம் கணித்தாக வேண்டும். ஆனால் நாம் ரயில் வண்டி யிலுள்ள கடிகாரத்தைக் கொண்டு ரயில் வண்டியில் அவர் இடம் பெயரும் வேகத்தைக் கணக்கிட்டோம். இந்த இரண்டு கடிகாரங்கள் காட்டும் நேரங்கள் ஒரே மாதிரியானவை யல்ல என்பது நமக்கு ஏற்கனவே தெரிந்த ஒன்று.

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட திசைவேகங்களில் குறைந்தது ஏதேனும் ஒன்று ஒளியின் வேகத்துக்கு ஒப்பானதாய் இருக்கும் போது வழக்கமாய் நாம் செய்வது போலல்லாது வேறொரு முறையில் அவற்றைக் கூட்ட வேண்டுமென்ற முடிவுக்கு வருகிறோம். திசைவேகங்களைக் கூட்டுவதற்கு வழக்கத்துக்கு





$\angle 1 + \angle 2 + \angle 3 = 180^\circ$ $\qquad$ $\angle 1 + \angle 2 + \angle 3 > 180^\circ$

மாறுன இந்த விபரீத முறை வேண்டியிருப்பதைச் சோதனை வழியில், உதாரணமாய் ஓடும் நீரில் ஒளி பரவுதலைக் கவனித்து (ஏற்கனவே இது பற்றி நாம் விவாதித்திருக் கிறோம்) தெரிந்து கொள்ளலாம். ஓடும் நீரில் ஒளி பரவுதலின் திசைவேகம் ஓடாமல் நிற்கும் நீரில் ஒளியின் திசைவேகத் தையும் ஓடும் நீரின் வேகத்தையும் கூட்டிவிடும் தொகைக்குச் சமமாய் இராமல் இதற்குக் குறைவாய் இருப்பதானது சார்பியல் தத்துவத்தின் நேரடியான ஒரு விளைவே ஆகும்.

இரு திசைவேகங்களில் ஒன்று 3,00,000 கி. மீ/விநாடி யாய் இருக்குமாயின், இவை இரண்டும் மிகவும் விபரீத முறை யில் கூட்டப்படுகின்றன. 3,00,000 கி. மீ./விநாடி திசை வேகமானது இதை நாம் பார்வையிடுகிற தொகுப்பினுடைய இயக்கத்தைச் சார்ந்து மாறுது நிலையாய் இருக்கும் தன்மை யுடையது என்பதை நாம் அறிவோம். அதாவது 3,00,000 கி. மீ/விநாடி திசைவேகத்துடன் எந்தத் திசைவேகத்தைக் கூட்டினாலும் மீண்டும் நமக்கு அதே 3,00,000 கி. மீ./விநாடி திசைவேகமே கிடைக்கும்.

திசைவேகங்கள் கூட்டப்படுவதற்குரிய சாதாரண விதி இங்கு பொருந்தாமற் போவதற்கு இணைவாய் ஓர் எளிய உதாரணத்தைக் குறிப்பிடலாம்.

சமதள முக்கோணத்தில் (இடது புறமுள்ள படத்தைப் பார்க்கவும்) 1, 2, 3 ஆகிய மூன்று கோணங்களின் கூட்டுத் தொகை இரு செங்கோணங்களுக்குச் சமமென்பது நமக்குத் தெரியும். இந்த முக்கோணம் புவிப் பரப்பின் மீது வரையப் பட்டிருப்பதாய் (வலது புறப் படத்தைப் பார்க்கவும்)

வைத்துக் கொள்வோம். புவிப் பரப்பின் உருண்டை வடிவத்தின் காரணமாய், இப்பொழுது இந்த முக்கோணத்தின் கோணங்களுடைய கூட்டுத் தொகை இரண்டு செங்கோணங்களுக்கும் கூடுதலாகிவிடும். முக்கோணத்தின் பருமன் பூமியினுடையதற்கு ஒப்பானதாகும்படி பெரிதாகும் போது இந்த வேறுபாடு காணக் கூடியதாகிவிடுகிறது.

புவிப் பரப்பின் சிறு பகுதிகளைக் கணக்கிடுகையில் எப்படி சமதள வடிவ கணித விதிகளைக் கையாள முடிகிறதோ, அதே போல சிறு வேகங்கள் எதிர்படுகையில் திசைவேகங்களைக் கூட்டுவதற்கான சாதாரண விதியை நாம் கையாள முடிகிறது.

அத்தியாயம் 6

நிறை

நிறை

குறிப்பிட்ட வேகத்தில் நாம் ஒரு நிலைமப் பண்டத்தை இயங்கச் செய்ய விரும்புவதாய் வைத்துக் கொள்வோம். இதைச் செய்வதற்கு, குறிப்பிட்ட ஒரு விசையை இப் பண்டத்தின் மீது செயல்பட வைத்தாக வேண்டும். இவ்விசை பண்டத்தை இயங்கச் செய்வதோடு, உராய்வைப் போன்ற பிற புறவிசைகள் இல்லையென்று கொள்வோமாயின், போதிய நேரத்தில் திசைவேகத்தை வேண்டிய அளவுக்கு அதிகரிக்கும் படி முடுக்கியும் விடும். குறிப்பிட்ட விசையைக் கொண்டு வெவ்வேறு பண்டங்களையும் குறிப்பிட்ட திசைவேகம் பெறச் செய்வதற்கு வெவ்வேறு நேரங்கள் வேண்டியிருப்பதைக் காண்போம்.

உராய்வு விசையைக் கவனியாது ஒதுக்கிவிட்டு, பருமனில் முழுதொத்த இரு கோளங்கள், ஒன்று ஈயத்திலும் மற்றொன்று மரத்திலும் செய்யப்பட்டு இருப்பதாய்க் கொள்வோம். 10 கி. மீ/மணி வேகத்துக்கு இரண்டுக்கும் முடுக்க மூட்டப்படும் வரை ஒவ்வொன்றின்மீதும் குறிப்பிட்ட ஒரே விசையைச் செயல்பட வைப்போம்.

இந்த விசையை நாம் மரக் கோளத்தின்மீது செயல்பட வைப்பதைக் காட்டிலும அதிக நேரத்துக்கு ஈயக் கோளத்தின்மீது செயல்பட வைக்க வேண்டியிருக்கும். மாறுத ஒரே விசையின் செயற்பாட்டினுல் திசைவேகமானது நேரத்துக்கு விகிதசமமாய் [proportionately] அதிகரிப்பதால், நிலைமப் பண்டத்தைக் குறிப்பிட்ட வேகம் பெறும்படி அதற்கு முடுக்க

மூட்டுவதற்குத் தேவையான நேரத்துக்கும் குறிப்பிட்ட அந்த வேகத்துக்கும் உள்ள சார்புறவே நிறை [mass] எனும் கருத்து. நிறையானது இந்தச் சார்புறவின் விகிதசமமாகும்; இந்தக் கெழு [coefficient] முடுக்கமூட்டும் விசைக்கு ஏற்ப அமைந்திருக்கும்.

அதிகரிக்கும் நிறை

நறையானது எந்தப் பண்டத்திற்குமுரிய மிக முக்கிய இயல்புகளில் ஒன்ருகும். பண்டங்களின் நிறை மாற்றமின்றி எப்போதும் நிலேயாய் இருக்கும் என்னும் கருத்து நமக்குப் பழக்கப்பட்டதாகிவிட்டது. நிறை வேகத்தைச் சாராதது என்பதாய் நினைக்கிருேம். ஆகவே மாருத ஒரே விசை தொடர்ச்சியாய்ச் செயல்படுகையில், விசை செயல்படும் நேரத் துக்கு நேர் விகிதசமமாய்த் திசைவேகம் அதிகரித்துச் செல் கிறது என்பது நமது முதற்கோளிலிருந்து பெறப்படுகிறது.

இந்த முடிபு திசைவேகக் கூட்டல் விதியை அடிப் படையாய்க் கொண்டது. ஆயினும் இந்த விதி எல்லாச் சந்தர்ப்பங்களிலும் கையாளக் கூடியதல்ல என்பதைச் சற்று முன்பு நாம் நிரூபித்தோம்.

குறிப்பிட்ட நேரத்துக்கு—எடுத்துக்காட்டாய் இரண்டு விஞடிக்கு—விசை செயல்படுத்தபட்ட பிறகு வேகத்தைக் கணக்கிடுவதற்கு நாம் செய்ய வேண்டியது என்ன? திசைவேகங் களேக் கூட்டுவதற்கான சாதாரண விதியை அனுசரித்து, முதல் விஞடியின் இறுதியில் பண்டத்திற்குள்ள வேகத்தை அடுத்த விஞடியில் அது பெறும் வேகத்துடன் கூட்டுகிருேம்.

திசைவேகங்கள் ஒளியின் வேகத்தை நெருங்காதவரை நாம் இப்படிச் செய்யலாம். ஒளியின் வேகத்தை நெருங்கி யதும் பழைய விதி பொருந்தாமற் போய்விடுகிறது. சார்பியல் தத்துவத்தைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டு திசைவேகங் களேக் கூட்டுவோமாயின் நமக்குக் கிடைக்கும் விடை, தற்போது உதவாததாகிவிட்ட பழைய கூட்டல் விதியைக் கையாளுகையில் கிடைப்பதைவிட சற்றுக் குறைவாய் இருக் கிறது. அப்படியாஞல், உயர்வான திசைவேகம் விசை செயல் படும் நேரத்துக்கு நேர் விகிதத்தில் அல்லாமல் சற்று மெது

வாய் அதிகரிக்கும் என்றுகிறது. வரம்புத் திசைவேகம் ஒன்று இருப்பதால், இப்படிக் குறைவாய் அதிகரிப்பது இயற்கையே.

மாறுத ஒரே விசை செயல்படும் வரை, பண்டத்தின் திசைவேகமானது, அது ஒளியின் வேகத்தை நெருங்குகையில் மேலும் மேலும் மெதுவாய் அதிகரிக்கிறது; இவ்விதம் வரம்புத் திசைவேகத்தை அது ஒருபோதும் கடந்து அதிகமாகாதபடி இருக்கிறது.

பண்டத்தின் திசைவேகம் விசை செயல்படும் நேரத்துக்கு நேர்விகிதசமமாய் அதிகரிக்கிறதென்று கூற முடிகிற வரை நிறையானது பண்டத்தின் வேகத்தைச் சார்ந்திராததெனக் கொள்ள முடியும். ஆனுல் பண்டத்தின் திசைவேகம் ஒளியின் வேகத்தை நெருங்கியதும், நேரத்துக்கும் திசைவேகத்துக்கும் இடையிலான நேர்விகித உறவு மறைந்து, நிறையானது திசைவேகத்தைச் சார்ந்ததாகத் தொடங்குகிறது. முடுக்கமுட்டப்படும் நேரம் முடிவின்றி நீண்டு செல்வதாலும், திசைவேகம் அதன் உச்ச வரம்புக்குக் கூடுதலாக முடியாததாலும், திசைவேகத்துடன் கூடவே நிறையும் அதிகரித்துச் சென்று, பண்டத்தின் திசைவேகம் ஒளியின் வேகத்துக்குச் சமமாகும் போது வரம்பற்றதாகிவிட வேண்டுமென்பது தெரிகிறது.

இடம்பெயர்ந்து இயங்கும் பண்டத்தின் நிறை பண்டத்தின் நீளம் குறைவதற்கு ஒப்ப அதிகரித்துச் செல்கிறது என்பதைக் கணக்கீடுகள் புலப்படுத்துகின்றன. இவ்விதம், 2,40,000 கி. மீ/விஞடித் திசைவேகத்தில் ஓடும் ஐன்ஸ்டைன் ரயில் வண்டியின் நிறையானது அதே வண்டி ஓடாமல் நிற்கையில் பெற்றிருக்கும் நிறையைக் காட்டிலும் $\frac{10}{6}$ மடங்கு அதிகமாகிவிடுகிறது.

ஒளியின் திசைவேகத்துடன் ஒப்பிடுகையில் அற்பமானவையாகிய வழக்கமான நமது திசைவேகங்களைப் பொறுத்தவரை, பண்டத்தின் பரிமாணத்துக்கும் வேகத்துக்கும் இடையிலான சார்புறவை எப்படிக் கருதாது ஒதுக்குகிறோமோ, அல்லது நிகழ்ச்சிகளுக்கு இடையிலுள்ள நேரம் இந்நிகழ்ச்சிகளைப் பார்வையிடுகிறவர்கள் செல்கிற திசைவேகங்களைச் சார்ந்திருப்பதை எப்படிக் கருதாது ஒதுக்குகிறோமோ, அதே

போல நிறையில் ஏற்படும் மறுதலேயும் கருதாது ஒதுக்கு கிரேம். இது இயற்கையே.

சார்பியல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் நிறைக்கும் திசைவேகத்துக்கும் இடையிலுள்ள சார்புறவை நாம் அதிவேக மின்னணுக்களின் [electrons] இயக்கத்தை ஆராய்வதன் மூலம் சரிபார்க்க முடியும்.

தற்காலச் சோதனேப் பொறியமைப்புகளில் ஒளியின் வேகத்துக்கு ஒப்பான திசைவேகத்தில் மின்னணு இடம் பெயர்ந்து இயங்குவது சர்வசாதாரணமான நிகழ்ச்சியாகும். தனிவகை இயந்திரங்களேக் கொண்டு மின்னணுக்கள் ஒளியின் வேகத்துக்கு 30 கி. மீ/விஞடியே குறைவான வேகங்களுக்கு முடுக்கமூட்டப்படுகின்றன.

தற்கால பௌதிகவியல் பிரம்மாண்ட வேகத்தில் இயங்கும் மின்னணுக்களின் நிறையை இயங்காது நிற்கும் மின்னணுக்களின் நிறையுடன் ஒப்பிட்டுப் பரிசீலிக்கக் கூடியதாகிவிட்டது. நிறையானது திசைவேகத்தைச் சார்ந்ததாகும் என்பது சார்பியல் கோட்பாட்டின் கிளேக் கோட்பாடாகும். இந்தக் கோட்பாட்டைச் சோதனேகள் பூரணமாய் நிரூபித்திருக்கின்றன.

ஒரு கிராம் ஒளியின் விலே எவ்வளவு?

பண்டத்தின் நிறையில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு அப் பண்டத்துக்குச் செய்யப்படும் விஃனயுடன் [work] நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது. இந்த அதிகரிப்பு இப் பண்டத்தை இயங்கச் செய்வதற்குத் தேவையான விஃனக்கு நேர்விகிதமாய் இருக்கிறது. பண்டத்தை வெறும் இயக்க நிலேயில் வைப்பதற்கு மட்டும் விஃன புரியத் தேவையில்லே. பண்டத்திற்குப் புரியப்படும் விஃன அஃனத்தும், பண்டத்தின் ஆற்றலில் ஏற்படும் எந்த அதிகரிப்பும், அதன் நிறையை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. பண்டம் வெப்பமாக்கப்பட்டதும் அதிக நிறையுடையதாவதற்கும், சுருள்வில் அழுத்தப்பட்டதும் அதன் நிறை அதிகரிப்பதற்கும் இதுவேதான் காரணம். மெய் தான், நிறையின் மாறுதலுக்கும் ஆற்றலின் மாறுதலுக்கும் இடையிலான நேர்விகித சமனின் கெழு மிக அற்பமாகவே

இருக்கிறது: பண்டத்தின் நிறையை ஒரு கிராம் அதிகமாக்குவதற்குஅதன்மீது நாம் **2,50,00,000** கிலோவாட் மணி அளவு ஆற்றலைச் செலுத்தியாக வேண்டும்.

எனவேதான் சாதாரண நிலைமைகளில் பண்டத்தின் நிறையில் ஏற்படும் மாறுதல் கவனியாது ஒதுக்கிவிடும்படி அற்பமாய் இருக்கிறது; மிகவும் துல்லியமான அளவீடுகளாலும் கண்டறிய முடியாததாய் இருக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாய், ஒரு டன் நீரை 0° சென்டிகிரேடிலிருந்து கொதிநிலைக்குச் சுடாக்குவோமாயின், இந்நீரின் நிறை ஏறத்தாழ ஒரு கிராமில் ஐம்பது லட்சத்தில் ஒரு பங்கே அதிகரிக்கிறது.

மூடிய உலையினுள் ஒரு டன் நிலக்கரியை எரியவிட்டோமாயின், எரிவின் விளைபொருள்களுடைய நிறையானது ஆரம்பத்திலிருந்த நிலக்கரி, உயிர்வாயு இவற்றின் நிறையைக் காட்டிலும் $\frac{1}{3,000}$ கிராம் குறைவாயிருக்கும். மறையும் இந்த நிறையானது எரிவின் போது உண்டாக்கப்படும் வெப்பமாய் வெளியேறிச் சென்றுவிடுகிறது.

நிறையில் ஏற்படும் மாறுதல் இவ்வாறன்றி முக்கிய பாத்திரம் ஆற்றும் நிகழ்வுகளையும் தற்காலப் பௌதிகவியலில் நாம் காண்கிறோம்.

அணுக் கருக்கள் [nuclei] மோதிக் கொள்வதன் விளைவாய்ப் புதிய அணுக் கருக்கள் உண்டாகும் நிகழ்வை எடுத்துக்கொள்வோம்.உதாரணமாய் லித்தியத்தின் அணு நீர்வாயுவின் அணுவுடன் மோதி இரண்டு ஹீலிய அணுக்களாகும் போது நிறையானது அதன் ஆரம்ப மதிப்பில் $\frac{1}{400}$ பங்களவு மாறுகிறது.

பண்டத்தின் நிறையை ஒரு கிராம் அதிகமாக்குவதற்கு **2,50,00,000** கிலோவாட் மணி அளவிலான ஆற்றலை அதன் மீது செலுத்த வேண்டுமென்று மேலே கூறினோம். ஆகவே ஒரு கிராம் லித்தியத்தையும் நீர்வாயுவையும் ஹீலியமாய் மாற்ற இந்த அளவில் **400** மடங்கு குறைவான ஆற்றல் தேவையாகும்:

$$\frac{2,50,00,000}{400} = 60,000 \text{ கிலோவாட் மணி!}$$

பின்வரும் கேள்விக்கு விடை காண முயலுவோம்: இயற்கையில் இருக்கும் பொருள்களில் எது (எடையைக் கொண்டுபார்க்கையில்) மிக அதிக விலைப் பெறுமானமுடையது? ரேடியம்தான் மிக அதிக விலைப் பெறுமானமுடையதாய்க் கருதப்படுகிறது. அண்மைக் காலம் வரை ஒரு கிராம் ரேடியம் சுமார் இரண்டரை லட்சம் ரூபிள் பெறுமானமுடையதாய்க் கருதப்பட்டது.

ஆனால் ஒளியின் விலைப் பெறுமானம் எவ்வளவு?

மின்விளக்கிலிருந்து, செலவிடப்படும் ஆற்றலில் இருபதில் ஒரு மடங்கு மட்டுமே ஒளியின் வடிவத்தில் நமக்குத் திரும்பி வருகிறது. ஆகவே ஒருகிராம் ஒளியானது 2,50,00,000 கிலோவாட் மணி அளவான வினையைப் போல் 20 மடங்குக்கு, அதாவது 50,00,00,000 கிலோவாட் மணிக்குச் சமம் என்றாகிறது. ஒரு கிலோவாட் மணி ஒரு கோப்பெக் என்று கொண்டாலுங்கூட இதன் பெறுமானம் 50,00,000 ரூபிள் ஆகிவிடும். எனவே ஒரு கிராம் ஒளியானது ஒரு கிராம் ரேடியத்தைவிட 20 மடங்கு அதிக பெறுமானமுடையதாகும்.

முடிவுரை

சார்பியல் தத்துவம் மெய்தான் என்பதை ஏற்றுக் கொள்ளும்படி ஐயப்பாட்டுக்குச் சிறிதும் இடமில்லாத துல்லியமான சோதனைகள் நம்மைக் கட்டாயப்படுத்துகின்றன. நம்மைச் சுற்றிலுமுள்ள உலகில் முதற் பார்வைக்கு நம் கண்ணுக்குப் புலப்படாத விந்தையான பல இயல்புகளையும் சார்பியல் தத்துவம் நமக்குப் புலப்படுத்துகிறது.

பல நூறு ஆண்டுகளின் போது அன்றாட அனுபவத்தின் வாயிலாய் மனிதன் வகுத்துக் கொண்ட அடிப்படையான கருத்துகளில் சார்பியல் தத்துவமானது மிகவும் பரவலான விளைவுகளை உண்டாக்கும் அடிநிலையான மாற்றங்களை ஏற்படச் செய்வதைக் கண்டோம்.

அப்படியானல், சார்பியல் தத்துவம் கண்டுபிடித்து உருவாக்கப்படுவதற்கு நெடுங் காலத்துக்கு முன்பு வளர்த்து அமைக்கப்பட்ட பௌதிகவியலை வேண்டாத பழஞ் செருப்பைப் போல குப்பைத் தொட்டியில் எறிந்துவிடலாம் என்று இதற்கு அர்த்தம்?

இப்படிதான் அர்த்தமென்றால், விஞ்ஞான ஆராய்ச்சியில் ஈடுபடுவது வீண் வேலை என்றல்லவா ஆகிவிடும்? எப்போதும் எதாவது புதிய தத்துவம் நிச்சயம் தோன்றிப் பழைய தத்துவத்தை ஒழித்துக் கட்டிவிடுமே.

விரைவு ரயில் வண்டியில் செல்லும் பயணி சார்பியல் தத்துவத்தின்படி தமது கைக்கடிகாரம் ரயில் நிலையக் கடிகாரத்தைவிட மெதுவாகிவிடுமென்று சொல்லி அதில் மணியைத் திருப்பியா வைத்துக் கொள்கிறார்? அப்படி ஒருவர்

செய்வாராயின் சுற்றிலுமிருப்போர் அவரைப் பார்த்து கை கொட்டியல்லவா சிரிப்பார்கள். மிக நுட்பமான உயர்ந்த வகைக் கைக்கடிகாரம் ஒன்று உலுக்கப்படும் போது ஏற்படக் கூடிய அற்ப விளைவுங்கூட இதைக் காட்டிலும் மிகப் பல மடங்கு அதிகமாகும். இங்கு ஏற்படக் கூடிய மாற்றம் ஒரு விஞடியில் மிக நுண்ணிய பின்னத்துக்கும் குறைவாகவே இருக்கும்.

நீரைச் சூடாக்கும் போது நீரின் நிறை நிலையாய் இருக் குமா என்று இரசாயனப் பொறியாளர் ஒருவர் சந்தேகப்படு வாராயின் அவருக்கு மூளைக் கோளாறு என்றுதான் நினைக்க வேண்டியிருக்கும். ஆனால் மோதிக் கொள்ளும் அணுக் கருக்களைக் கொண்டு ஆய்வுகள் நடத்தும் பௌதிகவியலாளர் அணுக் கரு உருமாற்றங்களின் போது நிறையில் ஏற்படும் மாறுதலைக் கணக்கிலெடுக்கத் தவறுவாராயின், விவரமறியாதவர் என்று அவர் ஆய்வுக்கூடத்திலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டு விடுவார்.

இயந்திரத் திட்டம் புனைவோர் பழைய பௌதிகவியல் விதிகளின்படிதான் இன்றும் தொடர்ந்து தமது இயந்திரங் களுக்குத் திட்டமிட்டு அவற்றை செம்மை செய்து வளர்த்துச் செல்கிறார்கள். ஏனெனில் சார்பியல் தத்துவத்தின் அடிப் படையில் இவர்கள் திருத்தங்கள் செய்வதால் ஏற்படக் கூடிய விளைவு சுழலும் சக்கரத்தில் ஒரு நுண்கிருமி வந்தமர் வதால் இயந்திரங்களில் உண்டாகும் விளைவுக்கும் அற்பமான தாகவே இருக்கும். ஆனால் அதிவேக மின்னணுக்களை ஆய்ந் தறியும் சோதனைகளில் ஈடுபடும் பௌதிகவியலாளர் மின் னணுக்களின் நிறை திசைவேகத்துக்கு ஏற்ப மாறுவதைத் தவறாமல் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்வது அவசியமாகும்.

சார்பியல் தத்துவம் பழைய கருத்துகளையும் கருத் தோட்டங்களையும் மறுத்து அவற்றை உதவாக்கரையாக்கி விடவில்லை, பிழைபாடு ஏற்படும் அபாயத்துக்கு இடமின்றி இந்தப் பழைய கருத்தோட்டங்கள் பயன்படுத்தப்படுவதற் குரிய வரம்புகளை அது தெளிவாய் வரையறை செய்கிறதே யன்றி இவற்றை நிராகரித்துவிடவில்லை. சார்பியல் தத்துவம் உதிப்பதற்கு முன்பு பௌதிகவியலாளர்கள் கண்டுபிடித்த இயற்கை விதிகளின் செயற்பாட்டுக்குரிய வரம்புகள் இப்

பொழுது மேலும் தெளிவாய் வரையறுக்கப்பட்டுள்ளனவே யன்றி இவ்விதிகள் மறுக்கப்பட்டுவிடவில்லை.

சார்பியல் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் அமைந்த சார்பியல் வழிப் [relativistic] பௌதிகவியல் எனப்படுவதற்கும், பழைய மரபிலான பாரம்பரிய [classical] பௌதிகவியல் எனப்படுவதற்கும் இடையிலுள்ள உறவானது, பூமியின் உருண்டை வடிவைக் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளும் உயர்நிலை புவிப்பரப்பியலுக்கும் [geodesy] இதைக் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளாத அடிநிலைப் புவிப்பரப்பியலுக்கும் இடையிலுள்ள உறவை ஏறத்தாழ ஒத்ததாகும். உயர்நிலை புவிப்பரப்பியல் செங்குத்துத் திசையின் சார்பியலிலிருந்து தொடங்குகிறது, அதே போல் சார்பியல் வழிப் பௌதிகவியல் பண்டப் பரிமாணங்களின் சார்பியலையும் எந்த இரு நிகழ்ச்சிகளுக்குமான நேர இடைவெளியின் சார்பியலையும் பயன்படுத்திக் கொள்கிறது; ஆனால் பாரம்பரியப் பௌதிகவியல் சார்பியல் கருத்தை அறியாதது.

உயர்நிலை புவிப்பரப்பியல் எப்படி அடிநிலை புவிப்பரப்பியலிலிருந்து வளர்ச்சியுற்றதோ, அதே போல் சார்பியல் வழிப் பௌதிகவியலும் பாரம்பரிய பௌதிகவியலிலிருந்து உதித்து வளர்ச்சியுற்றுள்ளது.

பூமியின் ஆரம் வரம்பின்றி நீண்டு செல்வதாய் வைத்துக் கொள்வோமாயின் கோள வடிவ கணிதத்தின்—அதாவது கோளங்களது மேற்பரப்பு வடிவ கணிதத்தின்—சூத்திரங்களிலிருந்து சமதள வடிவ கணிதத்தின் சூத்திரங்களுக்கு மாறிச் சென்றுவிடலாம். அப்பொழுது பூமியானது உருண்டையாய் இராது, வரம்பற்ற சமதளமாகிவிடும், செங்குத்துத் திசை சார்பிலாத் தனிமுதலாகிவிடும், முக்கோணத்தின் கோணங்களுடைய கூட்டுத் தொகை கூறாய் இரண்டு செங்கோணங்களுக்குச் சமமாகிவிடும்.

ஒளியின் திசைவேகம் வரம்பின்றி பிரம்மாண்டமாய் இருப்பதாய்க் கொள்வோமாயின், அதாவது ஒளி பரவுதல் நேரச் செலவின்றி நொடியில் நடைபெறுவதாய்க் கொள்வோமாயின், மேற்கூறியதை ஒத்த ஒரு மாற்றத்தைச் சார்பியல் வழிப் பௌதிகத்தில் ஏற்படுத்திவிடலாம்.

ஒளியானது நொடியில் பரவுமாயின், உடனிகழ்வு என்னும் கருத்து முன்பு நாம் கண்ணுற்றது போல சார்பிலாத் தனிமுதலாகிவிடும். இரு நிகழ்ச்சிகளுக்கு இடையிலான நேர இடைவெளியும் பண்டங்களது பரிமாணங்களும், அவை பார்வையிடப்படும் தொகுப்புகளைக் கருத வேண்டியிராத தனிமுதல் தன்மையனவாகிவிடும்.

ஆகவே ஒளியின் வேகத்தை வரம்பற்றதாய்க் கொள்வோமாயின் பாரம்பரியக் கருத்தோட்டங்கள் யாவற்றையும் மாற்றமின்றி அப்படியே வைத்துக் கொண்டுவிடலாம்.

ஆனால் ஒளியின் வேகம் வரம்புக்குட்பட்டதாய் இருத்தலை விசும்பையும் காலத்தையும் பற்றிய பழைய கருத்துகளுடன் இணைத்திடும் முயற்சியானது, பூமி உருண்டையாய் இருப்பது தெரிந்திருந்தும் தனது சொந்த ஊரின் செங்குத்துத் திசை சார்பிலாத் தனிமுதலானது என்று கருதி புறவிசும்பிலே சரிந்து விழ நேருமென அஞ்சி சொந்த ஊரின் எல்லைக்கு அப்பால் அடியெடுத்து வைக்காதிருப்பவரின் அபத்த நிலையிலேதான் நம்மை இருத்திவிடும்.

CONNEMARA PU

COM... -5 MAR 1985 ... MADRAS

வாசக நேயர்களுக்கு

''மீர்'' பதிப்பகம் பலவிதமான விஞ்ஞான, தொழில்நுட்ப நூல்களைத் தமிழ் மொழியில் வெளியிடும். உங்களுக்கு வேண்டிய புத்தகங்கள் எத்தகையவை என்பதையும் இவைகளைப் பற்றிய உங்களது அபிப்பிராயங்களையும் ஆலோசனைகளையும் நமக்குத் தெரிவிக்கும்படி வேண்டுகிறோம்.

நமது முகவரி:
சோவியத் நாடு. மாஸ்கோ.
ரீஜ்ஸ்கி பெரெயூலக், 2.

விற்பனையாளர்கள்

நியூ செஞ்சுரி புக் ஹவுஸ் பிரைவேட் லிமிடெட்

தலைமை அலுவலகம்

6, நல்லதம்பி செட்டித் தெரு, சென்னை-2

ஷோ-ரூம்

6/30, மவுண்ட் ரோடு, சென்னை-2

கிளைகள்

80, மேலக் கோபுர வீதி, மதுரை-1
87/89, ஒப்பணக்கார வீதி, கோயமுத்தூர்-1
சிங்காரத் தோப்பு, திருச்சிராப்பள்ளி-8
பஸ் நிலையம், தஞ்சாவூர்

MADRAS